

1. *Ueber die Reflexion des Lichts an der Oberfläche isotroper Körper;
von G. Lundquist.*

(Aus dem *Nov. Act. Reg. Soc. Upsal. Ser. III*, vom Hrn. Verfasser übersandt.)

Seit den Arbeiten Fresnel's über die Reflexion des Lichts ist dieß Phänomen der Gegenstand zahlreicher und wichtiger Studien gewesen, sowohl mathematischer als experimenteller. Dennoch fehlt noch viel daran, daß die Kenntniß dieses Phänomens eine vollständige und die Theorie desselben eine vollkommen befriedigende wäre. Um dieses Ziel zu erreichen, ist es besonders nöthig, die Körper, welche das merkwürdige Phänomen der Oberflächenfarben zeigen, sorgfältig zu studiren. Deshalb habe ich über diesen Gegenstand einige Versuche unternommen, deren erste Resultate sich in dieser Abhandlung befinden. Ehe ich sie jedoch kennen lehre, will ich die hauptsächlichsten Resultate, zu welchen man durch die theoretischen Untersuchungen über das Licht gelangt ist, auseinandersetzen.

I. Die Theorien der Reflexion an vollkommen durchsichtigen Körpern.

Im Jahre 1832 entdeckte Hr. Airy am Diamant die Eigenschaft, die geradlinige Polarisation eines einfallenden Lichtbündels durch Reflexion in eine elliptische zu verwandeln¹⁾. Eine Erklärung dieser Erscheinung wurde

1) *Philosoph. Mag.* (3) II. (1832) p. 20.

einige Jahre darauf in den von Green ¹⁾ und von Cauchy ²⁾ aufgestellten allgemeinen Theorien gegeben.

Nach der Theorie von Green wird das geradlinig polarisirte Licht durch Reflexion an allen Körpern elliptisch polarisirt und das um so mehr, als der Brechungsindex gröfser ist, von welcher Constanten alleinig die Intensität und der Zustand des reflectirten und gebrochenen Lichtes abhängt. Dagegen tritt in den Formeln von Cauchy aufser dem Brechungsindex noch eine andere Constante ein, die seitdem mit dem Namen Ellipticitätsconstante belegt ist. Den Ansichten des letzteren zufolge, wird demnach das Licht nicht nothwendig durch die Reflexion elliptisch polarisirt, weil es hinreicht, die neue Constante auf Null zu reduciren, um die Fresnel'schen Formeln zu erhalten. Beide Mathematiker nehmen an, dafs der Aether aus dem Zustande, in welchem er sich in einem Mittel befindet, sehr plötzlich in den Zustand übergehe, in welchem er in einem anderen vorhanden ist, und dafs die Schwingung der Lichtstrahlen longitudinale Schwingungen an der reflectirenden Oberfläche erzeuge; allein sie differiren in Betreff der Hypothesen, die über die Fortpflanzung dieser letzten Schwingungen gemacht werden müssen.

Dale hat gefunden ³⁾, dafs nicht allein der Diamant, sondern auch eine gewisse Anzahl anderer Körper, deren Brechungsindex etwas grofs ist, die Eigenschaft besitzt, durch Reflexion elliptische Polarisation zu erzeugen. Allein es ist Jamin, welcher zuerst erkannt hat ⁴⁾, dafs diese Polarisationsart allgemein durch Reflexion des Lichts an der Oberfläche durchsichtiger Körper hervorgebracht wird. Er hat auch die Effecte der Reflexion genau gemessen,

1) *Mathematical Papers*, London 1871, p. 291 (1837).

2) *Compt. rend.* VIII, p. 7 etc. et p. 985 (1839); XXVIII, p. 2, 121 etc. (1849). *Excerc. d'Anal. et de phys. math.* I, p. 133 etc. (1840).

3) *On elliptic Polarization.* 16. *Report. of Brit. Assoc.* 1846.

4) *Ann. de chim. et de phys.* (3) XXIX, p. 263 (1850); XX XI, p. 16 (1851)

sie mit den aus den Cauchy'schen Formeln abgeleiteten, verglichen¹⁾ und sie mit diesen vollkommen übereinstimmend gefunden. Nur allein in Betreff der Relation, welche nach dieser Theorie zwischen den relativen Werthen der Ellipticitätscoëfficienten stattfinden muß, hat die Erfahrung nicht die theoretischen Vorhersagungen gerechtfertigt. Zu den merkwürdigsten Resultaten seiner Versuche gehört folgendes: Der immer sehr kleine Ellipticitätscoëfficient wächst im Allgemeinen mit dem Brechungsindex, wie es die Green'sche Theorie angiebt, ohne indess allein von dieser Constante abhängig zu seyn; und dieser Coëfficient nimmt für gewisse Körper, die das Licht wenig brechen, negative Werthe an. Diese Thatfachen waren, wie man bemerken wird, von der Cauchy'schen Theorie nicht vorausgesehen.

An diese Untersuchungen reihen sich seitdem die Arbeit von Hrn. Haughton²⁾ und die von Hrn. Quincke³⁾. Der erstere hat gezeigt, daß die Green'schen Formeln nicht die von den Versuchen gelieferten Werthe reproduciren können, indem die berechnete Ellipticität immer größer ist als die beobachtete; daraus schließt er, daß man nothwendig zwei Constanten in die Formeln einführen müsse. Hr. Quincke hat die Cauchy'schen Formeln mannigfaltigen Proben unterworfen und im Allgemeinen, wie Hr. Jamin, eine sehr genügende Uebereinstimmung gefunden, bis auf die vorhin erwähnte Relation zwischen den Ellipticitätscoëfficienten. Ausgehend von dieser Thatfache und anderen directeren Beobachtungen, gelangt er zu dem

1) Der Beweis der Formeln, deren sich Hr. Jamin bei diesem Vergleiche bedient, ist von Cauchy nicht im Detail gegeben, allein diese Lücke ist später von anderen Gelehrten ausgefüllt; Beer (Pogg. Ann. 1854 Bd. XCI, S. 467); v. Ettingshausen (Wien. Sitzber. 1855, XVIII, S. 369); Eisenlohr (Pogg. Ann. 1858, Bd. CIV, S. 467); Briot (*Journ. de Liouv.* 1866, (2) XI, p. 300).

2) *Phil. Mag.* 1853, (4) VI, p. 81; 1854, (4) VIII, p. 507. — *Phil. Trans.* 1863, p. 81.

3) *Pogg. Ann.* 1866, Bd. CXXVIII, S. 355.

Schluss ¹⁾, man müsse annehmen, daß die Dicke der intermediären Schicht, in welcher der Uebergang des Aethers des einen Körpers in den des anderen stattfindet, eine nicht zu vernachlässigende GröÙe sey.

Uebrigens ist diese Behauptung schon von Hrn. Lorenz ausgesprochen ²⁾; er will dadurch sogar in ihrer Totalität die durch Reflexion an durchsichtigen Körpern erzeugte elliptische Polarisation erklären. Ueberdies hat derselbe sehr gegründete Einwürfe gegen die von Cauchy in Betreff der Longitudinalschwingungen gemachten Voraussetzungen erhoben ³⁾. Diesen Einwürfen hat Hr. Strutt noch andere hinzugefügt ⁴⁾. Er vertheidigt auch die Green'sche Theorie, deren Formeln er so abändert, daß sie die Beobachtungen ausdrücken.

Neuerlich ist Hr. Potier der Lorenz'schen Meinung beigetreten ⁵⁾; er hat mehrere Versuche auseinandergesetzt, die wenigstens beweisen, daß die Dicke der Schicht des Uebergangs von einem Körper zum andern nicht als eine unendlich kleine GröÙe betrachtet werden kann.

Wir wollen nun die verschiedenen Theorien der Reflexion an der Oberfläche durchsichtiger Körper mehr im Detail untersuchen.

Bemerken wir zuvörderst, daß man in diesen Theorien gewöhnlich annimmt, erstens, daß die Verschiebungen der Aethertheilchen unendlich kleine GröÙen erster Ordnung seyen und daß die gegenseitige Wirkung dieser Theilchen nur in sehr kleinen Abständen merklich sey; ferner, daß man die Dispersion vernachlässigen könne und daß die wägbare Materie nicht theilnehme an der Bewegung des Aethers. Nehmen wir überdies zuvörderst an, daß es in

1) Pogg. Ann. 1866, Bd. CXXIX, S. 177; 1867, Bd. CXXXII, S. 321 und 561; 1871, Bd. CXLII, S. 177 und 380.

2) Pogg. Ann. 1860, Bd. CXL, S. 460; 1863, Bd. CXVIII, S. 111.

3) Pogg. Ann. 1861, Bd. CXIV, S. 249.

4) *Phil. Mag.* 1871, (4) XLII, p. 95.

5) *Compt. rend.* 1872, LXXV, p. 617 und 674. — Pogg. Ann. 1873, CXLVIII, S. 650.

dem Calcül erlaubt sey, den Uebergang des in einem Mittel enthaltenen Aethers zu dem in einem anderen vorhandenen als discontinuirlich zu betrachten.

Das Fundamentalprincip der Green'schen Theorie ist dasjenige, welches man gegenwärtig das Princip der *Erhaltung der Kräfte* nennt. Durch analytische Entwicklungen leitet er daraus sowohl die allgemeinen Bewegungsgleichungen, als die auf die Oberfläche bezüglichen Bedingungen ab, ohne irgend eine Hypothese über die Natur des gegenseitigen Einflusses der verschiedenen Partien des Aethers zu machen. So verfahren erhält er wirklich für das erste Mittel (dasjenige, woher das Licht kommt) die folgenden Bewegungsgleichungen:

$$\left. \begin{aligned} \rho \frac{d^3 \xi}{dt^3} &= (L + M) \frac{dv}{dx} + M \left(\frac{d^2 \xi}{dx^2} + \frac{d^2 \xi}{dy^2} + \frac{d^2 \xi}{dz^2} \right) \\ \rho \frac{d^3 \eta}{dt^3} &= (L + M) \frac{dv}{dy} + M \left(\frac{d^2 \eta}{dx^2} + \frac{d^2 \eta}{dy^2} + \frac{d^2 \eta}{dz^2} \right) \\ \rho \frac{d^3 \zeta}{dt^3} &= (L + M) \frac{dv}{dz} + M \left(\frac{d^2 \zeta}{dx^2} + \frac{d^2 \zeta}{dy^2} + \frac{d^2 \zeta}{dz^2} \right) \end{aligned} \right\} \quad (1).$$

ξ , η , ζ sind die Projectionen der Verschiebung auf die Axen der Coordinaten, ρ die Dichte des Aethers, L und M seine beiden Elasticitätscoefficienten und v seine kubische Ausdehnung gegeben durch die Formel:

$$v = \frac{d\xi}{dx} + \frac{d\eta}{dy} + \frac{d\zeta}{dz} \quad . \quad . \quad . \quad (2).$$

Ebenso erhält man die entsprechenden Gleichungen für das zweite Mittel, wenn man ξ , η , ζ , ρ usw. ersetzt durch ξ' , η' , ζ' , ρ' usw.

Nehmen wir die Axen der y und der z in der Trennungsebene und die positive Axe der x in dem zweiten Mittel. Die Bedingungsgleichungen in Bezug auf die Ebene, wo man hat $x = 0$, werden dann in dieser Ordnung der Ideen von folgender Form:

$$\begin{aligned}
 \xi &= \xi', \quad \eta = \eta', \quad \zeta = \zeta' \\
 Lv + 2M \frac{d\xi}{dx} &= L'v' + 2M' \frac{d\xi'}{dx} \\
 M \left(\frac{d\xi}{dy} + \frac{d\eta}{dx} \right) &= M' \left(\frac{d\xi'}{dy} + \frac{d\eta'}{dx} \right) \\
 M \left(\frac{d\zeta}{dx} + \frac{d\xi}{dz} \right) &= M' \left(\frac{d\zeta'}{dx} + \frac{d\xi'}{dz} \right)
 \end{aligned} \quad (3).$$

Dies ist genau das Resultat, zu welchem man, von der Elasticitätstheorie ausgehend, gelangt ¹⁾. Nehmen wir nämlich an, daß der Aether beider Mittel ein wenig deformirt sey durch die Wirkung der äußeren Kräfte, deren Componenten für die Einheit der Masse durch X, Y, Z vorgestellt werden; bezeichnen mit N_1, N_2, N_3 die normalen Elasticitätskräfte und mit T_1, T_2, T_3 die tangentiellen, so lassen sich die Gleichgewichtsgleichungen des Aethers im ersten Mittel so schreiben ²⁾:

$$\begin{aligned}
 \frac{dN_1}{dx} + \frac{dT_3}{dy} + \frac{dT_2}{dz} + \rho X &= 0 \\
 \frac{dT_3}{dx} + \frac{dN_2}{dy} + \frac{dT_1}{dz} + \rho Y &= 0 \\
 \frac{dT_2}{dx} + \frac{dT_1}{dy} + \frac{dN_3}{dz} + \rho Z &= 0
 \end{aligned} \quad (4),$$

woraus

$$\begin{aligned}
 N_1 &= Lv + 2M \frac{d\xi}{dx}, \quad T_1 = M \left(\frac{d\eta}{dz} + \frac{d\zeta}{dy} \right) \\
 N_2 &= Lv + 2M \frac{d\eta}{dy}, \quad T_2 = M \left(\frac{d\zeta}{dx} + \frac{d\xi}{dz} \right) \\
 N_3 &= Lv + 2M \frac{d\zeta}{dz}, \quad T_3 = M \left(\frac{d\xi}{dy} + \frac{d\eta}{dx} \right)
 \end{aligned} \quad (5).$$

Analoge Gleichungen erhält man für das zweite Mittel. Die Bedingungen für die Oberfläche sind

$$\left. \begin{aligned}
 &x=0 \\
 &\xi = \xi', \quad \eta = \eta', \quad \zeta = \zeta' \\
 &x=0 \\
 &N_1 = N_1', \quad T_1 = T_1', \quad T_2 = T_2'
 \end{aligned} \right\} \quad (6),$$

1) Vergleiche V. v. Lang, Wien. Sitzungsber. 1861 XLIV, 2, S. 147.

2) Lamé, *Théor. math. de l'élast.* Edit. II, Paris 1866, p. 65.

wo die drei letzten Gleichungen das *Princip der Gleichheit zwischen den Drucken* ausdrücken.

Die Zulässigkeit der Anwendung dieses Princip's, wenn es sich um den Aether handelt, ist von Cauchy bestritten worden ¹⁾. In der That setzen wir, um die Ideen zu fixiren, das erste Mittel sey freier Aether und das zweite eingeschlossener Aether in einem Körper. Alsdann würden nach ihm die Drucke, welche ein Element der Trennungsfläche zu erleiden hätte, ausgeübt einerseits von dem freien Aether, anderseits nicht allein vom Aether, sondern auch von der wägbaren Materie und folglich wäre es nicht erlaubt, die von den Aethermassen allein ausgeübten Drucke einander gleich zu setzen. Dieser Einwurf ist indess nicht von großem Belang. In der That hat Hr. Ångström gezeigt ²⁾, daß man die sich gegenseitig durchdringenden Mittel nothwendig getrennt behandeln muß, wenn sie so heterogen sind, wie der Aether und die Theile eines starren Körpers. Ebenso hat Hr. de Saint-Venant darauf hingewiesen ³⁾, daß die Behauptung von Cauchy unvereinbar ist mit dem von ihm aufgestellten Princip der Continuität der Bewegung, von welchem wir weiterhin sprechen werden. Man kann sich auch von der Richtigkeit der Gleichungen (6) überzeugen, wenn man erwägt, daß die ganze Aethermasse, welche der Wirkung der wägbaren Materie eines Körpers unterworfen ist, als diesem selben Körper angehörend betrachtet werden muß, woraus mit Nothwendigkeit hervorgeht, daß es nicht richtig ist, sich einen Druck vorzustellen, der durch die wägbaren Molecüle eines Körpers direct auf den in einem anderen enthaltenen Aether ausgeübt würde.

Dies gesetzt, nehmen wir an, daß es sich nicht um äußere Kräfte handelt, sondern daß der Aether durch die sich darin fortpflanzenden Schwingungsbewegungen erschüttert werde. Um die Bewegungsgleichungen zu erhalten,

1) *Compt. rend.* (1849) XXVIII, p. 27 et 60.

2) *Nov. Act. Soc. Upsal.* (2) XIV, p. 312.

3) *Ann. de chim. et de phys.* (1872) XXV, p. 335.

ist es nach dem D'Alembert'schen Princip hinreichend, die X , Y , Z zu ersetzen durch

$$-\frac{d^2 \xi}{dt^2}, -\frac{d^2 \eta}{dt^2}, -\frac{d^2 \zeta}{dt^2},$$

wodurch man, unter Berücksichtigung der Ausdrücke (2) und (5) zu den Gleichungen (1) gelangt. Die Form der auf die Fläche (6) bezüglichen Bedingungen, welche identisch sind mit den Gleichungen (3), bleibt offenbar dieselbe. Diese Methode läßt auch den wechselseitigen Einfluß der verschiedenen Theile des Aethers unbestimmt ¹⁾.

Um die Rechnung zu vereinfachen, hat Green die Voraussetzung gemacht, man habe ²⁾

$$L = L' \text{ und } M = M' \quad . \quad . \quad . \quad (7),$$

wobei er sich auf die bei den Gasen vorkommenden Analogien stützt. Wenn man nun die drei ersten der Gleichungen (3) in Bezug auf y oder z differentiirt, was offenbar erlaubt ist, so reducirt man die Bedingungen an der Oberfläche, vermöge der Relationen (7) auf die Form

$$\left. \begin{array}{l} x=0 \\ x=0 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \xi = \xi', \quad \eta = \eta', \quad \zeta = \zeta' \\ \frac{d\xi}{dx} = \frac{d\xi'}{dx}, \quad \frac{d\eta}{dy} = \frac{d\eta'}{dy}, \quad \frac{d\zeta}{dz} = \frac{d\zeta'}{dz} \end{array} \quad (8).$$

Cauchy dagegen betrachtet den Aether als ein Mittel bestehend aus Moleculen, die von Kräften gegenseitiger Anziehung oder Abstofsung angetrieben werden. Von dieser Hypothese ausgehend, gelangt man zu Bewegungsgleichungen, die identisch werden mit den Gleichungen (1), vorausgesetzt, man ersetze respective

$$\frac{L+M}{\varrho} \text{ und } \frac{M}{\varrho} \text{ durch } 2h \text{ und } g+h$$

und ebenso

$$\frac{L'+M'}{\varrho'} \text{ und } \frac{M'}{\varrho'} \text{ durch } 2h' \text{ und } g'+h'.$$

1) Lamé, *Théorie math. de l'élast.* p. 35.

2) Strutt hat in der bereits angeführten Abhandlung bewiesen, daß man die Green'schen Formeln erhalten kann, ohne $L = L'$ zu setzen.

Die g und h sind Constanten und gegeben durch Ausdrücke von der Form

$$g = \frac{1}{2 \cdot 3} \sum m r^2 f(r), \quad h = \frac{1}{2 \cdot 3 \cdot 5} \sum m r^3 f(r) \quad (9),$$

worin m die Masse irgend eines Aethermoleküls, r sein Abstand von dem Molekül, dessen Bewegung man betrachtet und $r f(r)$ das Gesetz der zwischen den Molekülen wirkenden Kräfte ¹⁾.

Um die Bedingungen an der Oberfläche zu erhalten, stellt Cauchy sein Princip der *Continuität der Bewegung* auf mittelst einer analytischen Methode, deren Genauigkeit nicht leicht zu bestreiten ist ²⁾ und die, wie Hr. v. Ettingshausen gezeigt hat ³⁾, auf die der Variation arbiträrer Constanten zurückkommt. Nach diesem Princip werden die für die Oberfläche gültigen Bedingungen genau die Gleichungen (8), woraus die Zulässigkeit der durch die Relationen (7) aus gedruckten Supposition von Green hervorgeht. Damit nun die Cauchy'schen Gleichungen in Einklang kommen mit den aus der Elasticitätstheorie und dem Princip der Gleichheit der Drucke abgeleiteten Relationen, deren Richtigkeit wir erwiesen haben, müssen g und h , vermöge der Relationen (7) die Ausdrücke

$$\frac{g}{g'} = \frac{h}{h'} = \frac{c'}{c} \quad . \quad . \quad . \quad (10)$$

verificiren.

Bewerkenswerth ist, daß man zu der ersten der Gleichungen (10) gelangt, selbst wenn man, wie es Cauchy gethan, das Princip der Gleichheit der Drucke bei Seite läßt, sobald man nur die sehr oft angenommene Voraussetzung macht, daß das Gesetz der Wirkung zwischen zwei Aethermolekülen dasselbe sey in allen Mitteln und ausgedrückt werde durch die Gleichung:

$$r f(r) = \frac{c}{r^2},$$

1) Cauchy, *Compt. rend.* 1839, VIII, p. 985. — Biot, *Théorie math. de la Lum.* Paris, 1864 p. 43.

2) *Compt. rend.* 1889, VIII, p. 374, 432 et 459; 1840, X, p. 347.

3) *Pogg. Ann.* 1840, Bd. L, S. 409.

wo die Constante c positiv oder negativ ist, je nachdem die Kraft anziehend oder abstoßend wirkt. Da nämlich alsdann die Constanten g und h die Werthe haben:

$$g = \frac{1}{2 \cdot 3} \sum \frac{mc}{r^{n-1}}, \quad h = -\frac{n+1}{2 \cdot 3 \cdot 5} \sum \frac{mc}{r^{n-1}},$$

so hat man:

$$h = -\frac{n+1}{5} g \text{ und ebenso } h' = -\frac{n+1}{5} g' \quad (11)$$

woraus

$$\frac{g}{g'} = \frac{h}{h'}.$$

Den Bewegungsgleichungen (1) kann man genügen durch die einfachen Integrale

$$\xi = A e^{ux+vy+wz-st}$$

$$\eta = B e^{ux+vy+wz-st}$$

$$\zeta = C e^{ux+vy+wz-st}$$

wenn A, B, C, u, v, w, s Constanten sind, welche die Relationen

$$(\rho s^2 - M k^2) A - (L + M) u (u A + v B + w C) = 0,$$

$$(\rho s^2 - M k^2) B - (L + M) v (u A + v B + w C) = 0,$$

$$(\rho s^2 - M k^2) C - (L + M) w (u A + v B + w C) = 0,$$

verificiren müssen, woraus man hat

$$k^2 = u^2 + v^2 + w^2 \quad \dots \quad (12).$$

Diese Gleichungen können auf folgende zwei Weisen verificirt werden: man muß haben:

$$\rho s^2 = M k^2, \quad u A + v B + w C = 0 \quad \dots \quad (13)$$

oder vielmehr

$$\rho s^2 = (L + 2M) k^2, \quad \frac{A}{u} = \frac{B}{v} = \frac{C}{w} \quad \dots \quad (14).$$

Die erste Methode giebt die transversalen Schwingungen, die zweite die longitudinalen. Für das zweite Mittel erhalten wir analoge Gleichungen.

Versetzt man ξ, η, ζ in die auf die Oberfläche bezüglichen Gleichungen (8), die man schreiben

$$\left. \begin{array}{l} x=0 \\ x=0 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \Sigma \xi = \Sigma \xi', \quad \Sigma \eta = \Sigma \eta', \quad \Sigma \zeta = \Sigma \zeta' \\ \Sigma \frac{d\xi}{dx} = \Sigma \frac{d\xi'}{dx}, \quad \Sigma \frac{d\eta}{dx} = \Sigma \frac{d\eta'}{dx}, \quad \Sigma \frac{d\zeta}{dx} = \Sigma \frac{d\zeta'}{dx} \end{array} \quad (15),$$

so werden diese Relationen alle von der Form

$$\Sigma P e^{vy + wz - st} = 0,$$

wo die P Constanten sind. Beachtet man, daß diese Gleichungen durch jegliche Werthe von y, z, t verificirt seyn müssen, so findet man leicht durch successive Differentiationen in Bezug auf diese Variablen, daß v, w, s dieselben Werthe haben in allen Gliedern.

Gesetzt nun, die Ebene xoy sey winkelrecht zur einfallenden ebenen Welle; nennt man α den Einfallswinkel, λ die Wellenlänge, τ die Dauer der Schwingung, so können die Projectionen der einfallenden Schwingung auf die Coordinataxen vorgestellt werden durch Ausdrücke von der Form

$$P \cos 2\pi \left(\frac{x \cos \alpha + y \sin \alpha}{\lambda} - \frac{t}{\tau} + \frac{\pi}{2\pi} \right),$$

oder

$$P \cos(ux + vy - st) + \pi.$$

P und π sind reelle Constanten; folglich sind diese Projectionen die reellen Theile der Ausdrücke

$$\left. \begin{array}{l} \xi = A e^{i(ux + vy - st)} \\ \eta = B e^{i(ux + vy - st)} \\ \zeta = C e^{i(ux + vy - st)} \end{array} \right\} \quad (16),$$

worin A, B, C complexe Constanten sind. Erwägt man, daß der Coefficient von x in den Ausdrücken für die Schwingung des reflectirten Strahls negativ seyn muß, weil dieser Strahl sich bei seiner Fortpflanzung von der Trennungsfläche entfernt, so erhält man ebenso für diese transversale Schwingung

$$\left. \begin{aligned} \xi_1 &= A e^{i(-u_1 x + v y - s t)} \\ \eta_1 &= B e^{i(-u_1 x + v y - s t)} \\ \xi_1 &= C e^{i(-u_1 x + v y - s t)} \end{aligned} \right\} (17)$$

und für die transversale Schwingung des gebrochenen Strahls

$$\left. \begin{aligned} \xi' &= A' e^{i(u' x + v y - s t)} \\ \eta' &= B' e^{i(u' x + v y - s t)} \\ \xi' &= C' e^{i(u' x + v y - s t)} \end{aligned} \right\} (18).$$

Substituirt man diese Werthe in den Gleichungen (15) und erwägt, daß man auch den Bedingungen (13) und (14) genügen muß, so findet man leicht, daß mehr Gleichungen als Unbekannte da sind. Es ist dieser Umstand, welcher sowohl Green als Cauchy zu der Annahme genöthigt hat, daß Lichtschwingungen zwei Wellen von longitudinalen Schwingungen an der Trennungsfläche erzeugen, von denen die eine sich in dem ersten Mittel und die andere in dem zweiten fortpflanzt. Setzen wir für die longitudinale Schwingung des ersten Mittels

$$\left. \begin{aligned} \xi_{11} &= A_{11} e^{i(-u_{11} x + v y - s t)}; \eta_{11} = B_{11} e^{i(-u_{11} x + v y - s t)}; \\ \xi_{11} &= 0 \end{aligned} \right\} (19)$$

und für die des zweiten

$$\left. \begin{aligned} \xi'' &= A'' e^{i(u'' x + v y - s t)}; \eta'' = B'' e^{i(u'' x + v y - s t)}; \\ \xi'' &= 0 \end{aligned} \right\} (20).$$

Uebertragen wir alle diese Werthe (16)...(20) in die Gleichung (15) und erwägen, daß man vermöge der Formel (12) $u_1 = u$ hat, so erhalten wir folgende Gleichungen:

$$\left. \begin{aligned} A + A_1 + A_{11} &= A' + A'' \\ (A - A_1)u - A_{11}u_{11} &= A'u + A''u'' \\ B + B_1 + B_{11} &= B' + B'' \\ (B - B_1)u - B_{11}u_{11} &= B'u' + B''u'' \\ C + C_1 &= C', \quad (C - C_1)u = C'u' \end{aligned} \right\} (21),$$

denen man folgende Relationen hinzufügt:

$$\left. \begin{aligned} A u + B v &= 0 \\ -A u + B v &= 0 \end{aligned} \right\}, \quad s^2 = \omega^2 k^2, \quad k^2 = u^2 + v^2 \quad (22),$$

$$-\frac{A''}{u''} = \frac{B''}{v}, \quad s^2 = \omega''^2 k''^2; \quad k''^2 = u''^2 + v^2 \quad (23),$$

$$A' u' + B' v = 0, \quad s^2 = \omega'^2 k'^2; \quad k'^2 = u'^2 + v^2 \quad (24),$$

$$\frac{A'''}{u'''} = \frac{B'''}{v}, \quad s^2 = \omega'''^2 k'''^2; \quad k'''^2 = u'''^2 + v^2 \quad (25),$$

$$s = \frac{2\pi}{\lambda}, \quad k = \frac{2\pi}{\lambda'}, \quad k' = \frac{2\pi}{\lambda''} \quad \dots \quad (26),$$

$$u = k \cos \alpha; \quad u' = k' \cos \alpha'; \quad v = k \sin \alpha = k' \sin \alpha' \quad (27),$$

$$\left. \begin{aligned} u &= k \sqrt{\frac{\omega^2}{\omega'^2} - \sin^2 \alpha} \\ u' &= k \sqrt{\frac{\omega^2}{\omega''^2} - \sin^2 \alpha} \end{aligned} \right\} \quad \dots \quad (28).$$

Aus den Gleichungen (26) und (27) zieht man:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \alpha'} = \frac{k'}{k} = \frac{\lambda}{\lambda'} = \mu = \text{Brechungsindex.}$$

Die Gröſſen ω sind die respectiven Fortpflanzungsgeschwindigkeiten, denn man hat z. B.

$$\omega = \frac{s}{k} = \frac{\lambda}{v}.$$

Sie sind gegeben durch die Relationen:

$$\omega^2 = \frac{M}{\varrho}; \quad \omega'^2 = \frac{M}{\varrho'}; \quad \omega''^2 = \frac{L+2M}{\varrho}; \quad \omega'''^2 = \frac{L+2M}{\varrho'} \quad (29),$$

woraus

$$\frac{\omega}{\omega'} = \frac{\omega''}{\omega'''} = \frac{k'}{k} = \mu \quad \dots \quad (30)$$

Anderseits geben die Cauchy'schen Formeln

$$\begin{aligned} \omega^2 &= g + h; & \omega'^2 &= g' + h'; & \omega''^2 &= g + 3h; \\ \omega'''^2 &= g' + 3h' \quad \dots \quad (31), \end{aligned}$$

woraus man ebenso die Gleichung (30) zieht, wenn man die Relation beachtet:

$$\frac{g}{g'} = \frac{h}{h'}.$$

Aus den Gleichungen (21)...(25) ergeben sich die Werthe der Unbekannten:

$$C_i = C \frac{u - u_i}{u + u_i} = -C \frac{\sin(\alpha - \alpha')}{\sin(\alpha + \alpha')} \quad . \quad . \quad (32),$$

$$B_i = B \frac{u - u'}{u + u'} \times \frac{(u u' - v^2)(u_{ii} u'' + v^2) + v^2(u + u')(u_{ii} - u'')}{(u u' + v^2)(u_{ii} u'' + v^2) + v^2(u - u')(u_{ii} - u'')} \quad (33)$$

und gleichermaßen die Werthe von A , A' , B' , C' usw.

Gesetzt, die Schwingung des einfallenden, im Azimuth ϑ polarisirten Strahls sey vorgestellt durch

$$s = E \cos(ux + vy - st),$$

so kann man diese Schwingung in zwei zerlegen, die eine winkelrecht zur Einfallsebene, die andere in dieser Ebene. Die Amplitude der ersteren wird also seyn:

$$E \cos \vartheta = C,$$

die der zweiten

$$E \sin \vartheta = \frac{B}{\cos \alpha}.$$

Wenn nun die in die Gleichung (33) eintretenden Größen reelle wären, würden die entsprechenden Amplituden der Schwingung des reflectirten Strahles respective seyn:

$$C_i \text{ und } \frac{B_i}{\cos \alpha}$$

und ihre Gleichungen:

$$\zeta_i = C_i \cos(-ux + vy - st)$$

$$\varphi_i = \frac{B_i}{\cos \alpha} \cos(-ux + vy - st),$$

folglich würde es keine Phasendifferenz geben. Allein da dieses Resultat in Widerspruch mit der Erfahrung steht, so muß man zu den Ausdrücken für die Componenten der longitudinalen Schwingungen zurückkehren, um darin die nothwendigen Veränderungen einzuführen, d. h. um darin die reellen Größen u_{ii} und u'' durch complexe Größen zu ersetzen. Nun geht unmittelbar aus der Form der Gleichungen (23^c) und (25^c) hervor, daß der reelle Theil dieser Größen sich auf Null reducirt. Man wird demnach statt der Ausdrücke (19) und (20) die Formeln haben

$$\begin{aligned} \zeta_{ii} &= A_{ii} e^{U_{ii} x + i(vy + st)}; \quad \eta_{ii} = B_{ii} e^{U_{ii} x + i(vy - st)}; \\ \zeta_{ii} &= 0 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (34), \end{aligned}$$

$$\xi'' = A'' e^{-U''x + i(vy - st)}; \quad \eta'' = B'' e^{-U''x + i(vy - st)}; \\ \zeta'' = 0 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (35),$$

denen hinzukommen die Bedingungen:

$$\left. \begin{aligned} \frac{A''}{-U''i} &= \frac{B''}{v}; & \frac{A''}{U''i} &= \frac{B''}{v} \\ k^2 &= -U^2 + v^2; & k'^2 &= -U'^2 + v^2 \end{aligned} \right\} (36),$$

worin U'' und U' zwei reelle Größen sind, gegeben durch die Formeln

$$U'' = k \sqrt{\sin^2 \alpha - \frac{v^2}{w''^2}}; \quad U' = k \sqrt{\sin^2 \alpha - \frac{v^2}{w'^2}}.$$

Diese neuen Ausdrücke für die longitudinalen Schwingungen müssen in die auf die Oberfläche bezüglichen Bedingungen eingeführt werden, um daraus die neuen Werthe der Unbekannten herzuleiten. Allein man kann offenbar diese selben Werthe auf eine einfachere Weise herleiten, wenn man in den schon erhaltenen Ausdrücken für die Unbekannten u'' und u' durch $U''i$ und $U'i$ ersetzt. Wenn man demnach zur Abkürzung setzt

$$x = \frac{v(U'' - U')}{v^2 - U''U'} \quad . \quad . \quad . \quad (37),$$

wird man haben

$$B_i = B \frac{u - u'}{u + u'} \cdot \frac{(uu' - v^2) + ixv(u + u')}{(uu' + v^2) + ixv(u - u')} \quad . \quad . \quad (38)$$

und ebenso die Werthe von A , A' , B' , usw.

Setzt man

$$\left. \begin{aligned} \tan \delta_1 &= x \tan(\alpha + \alpha') \\ \tan \delta_2 &= x \tan(\alpha - \alpha') \end{aligned} \right\} \quad . \quad . \quad (39)$$

und zur Abkürzung

$$\delta = \delta_1 + \delta_2,$$

so wird die Formel (33):

$$B_i = -B \frac{\sin \delta_2}{\sin \delta_1} \cdot e^{\delta i}$$

und folglich hat die reflectirte Schwingung zu Componenten die reellen Theile der Formeln

$$\zeta_i = -E \cos \vartheta \frac{\sin(\alpha - \alpha')}{\sin(\alpha + \alpha')} e^{i(-ux + vy - st)},$$

$$\varphi_i = -E \cos \vartheta \frac{\sin \delta_2}{\sin \delta_1} \cdot e^{i(-ux - vy + st)},$$

das heißt

$$\zeta_i = -E \cos \vartheta \frac{\sin(\alpha - \alpha')}{\sin(\alpha + \alpha')} \cos(-ux + vy - st) \quad (40),$$

$$\varphi_i = -E \sin \vartheta \frac{\sin \delta_2}{\sin \delta_1} \cos(-ux + vy - st + \delta)^1 \quad (41).$$

Die Phasendifferenz ist also δ , und um das Verhältniß m der Amplituden der Componenten zu bestimmen, hat man

$$m = \tan \vartheta_i = \tan \vartheta \frac{\sin(\alpha + \alpha')}{\sin(\alpha - \alpha')} \cdot \frac{\sin \delta_2}{\sin \delta_1}. \quad (42).$$

Man wird bemerken, daß die Formel (37) sich schreiben läßt

$$\left. \begin{aligned} z &= \frac{v(U''^2 - U'^2)}{(v^2 - U''^2)U'' + (v^2 - U'^2)U'} \\ &= \frac{\sin \alpha \left(\frac{w^2}{w'^2} - \frac{w^2}{w''^2} \right)}{\frac{w^2}{w''^2} \sqrt{\sin^2 \alpha - \frac{w^2}{w'^2}} + \frac{w^2}{w'^2} \sqrt{\sin^2 \alpha - \frac{w^2}{w''^2}}} \end{aligned} \right\} \quad (43).$$

Bis soweit sind die hergeleiteten Formeln dieselben in den verschiedenen Theorien; allein sie differiren in Betreff der Annahmen, die in Bezug auf die Größen w'^2 und w''^2 zu machen sind. Die Extinctionscoefficienten U'' und U' müssen nämlich für alle Werthe von α reell werden, mit Ausnahme vielleicht der sehr kleinen Werthe und dies kann auf zweierlei Weisen geschehen; man kann nämlich die Größen w''^2 und w'^2 entweder negativ oder positiv nehmen und sehr groß.

$$1) \quad w''^2 \text{ und } w'^2 < 0.$$

Dies ist die Annahme von Cauchy. Setzt man

$$\frac{w^2}{w''^2} = -q''^2 \text{ und } \frac{w^2}{w'^2} = -q'^2,$$

1) Eisenlohr, Pogg. Ann. CIV, S. 355. — Briot, Journ. de Liouville (2) XI, p. 321.

so hat man

$$U_{\parallel} = k \sqrt{q_{\parallel}^2 + \sin^2 \alpha}; \quad U^{\parallel} = k \sqrt{q^{\parallel 2} - \sin^2 \alpha},$$

woraus man sieht, daß kq_{\parallel} und kq^{\parallel} die Extinctionscoefficienten der longitudinalen Schwingungen unter normaler Incidenz sind. Die Formel (43) läßt sich schreiben:

$$x = \sin \alpha \left(\frac{1}{q_{\parallel}} - \frac{1}{q^{\parallel}} \right) \frac{q_{\parallel} + q^{\parallel}}{q_{\parallel} \sqrt{1 + \frac{\sin^2 \alpha}{q_{\parallel}^2}} + q^{\parallel} \sqrt{1 + \frac{\sin^2 \alpha}{q_{\parallel}^2}}}.$$

Wenn q_{\parallel} und q^{\parallel} sehr groß sind, und man setzt

$$\frac{1}{q_{\parallel}} - \frac{1}{q^{\parallel}} = \varepsilon = \text{dem Ellipticitätscoefficienten (Jamin),}$$

so hat man ohne merklichen Fehler

$$x = \varepsilon \sin \alpha \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (44).$$

Sind drei Mittel M , M_1 , M_2 gegeben, so erhält man den Ellipticitätscoefficienten bezüglich

$$M \text{ und } M_1 = \frac{1}{q_{\parallel}} - \frac{1}{q_{\parallel}^1} = \varepsilon_1$$

$$M \text{ und } M_2 = \frac{1}{q_{\parallel}} - \frac{1}{q_{\parallel}^2} = \varepsilon_2$$

$$M_1 \text{ und } M_2 = \frac{1}{q_{\parallel}^1} - \frac{1}{q_{\parallel}^2} = \varepsilon_2',$$

woraus

$$\varepsilon_2' = \varepsilon_2 - \varepsilon_1 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (45).$$

Diese Gleichung ist nicht gerechtfertigt worden durch die Versuche des Hrn. Jamin und des Hrn. Quincke.

Vermöge der Gleichung (30) hat man:

$$q^{\parallel} = \mu q_{\parallel}$$

und folglich

$$\varepsilon = \frac{1}{q_{\parallel}} \left(1 - \frac{1}{\mu} \right) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (46).$$

Die Relation (10) $\frac{g}{g'} = \frac{h}{h'}$ und folglich die Formel (46)

erhält man, wie schon bewiesen wurde, nicht bloß durch Anwendung des Principes von der Gleichheit zwischen den Drucken, dessen Rechtmäßigkeit wir schon nachgewiesen haben, sondern auch bei Vernachlässigung dieses Principes, sobald man nur annimmt, daß die zwischen zwei Aether-

molekülen ausgeübte Kraft variire umgekehrt wie eine gewisse Potenz des Abstandes und diese Potenz dieselbe sey in allen Mitteln. Allein es ist leicht zu ersehen, daß die Formel (46) nicht mit durch die Erfahrung festgestellten Thatsachen harmonirt. Da z. B. q_{μ} immer positiv ist, so kann nach dieser Formel der Ellipticitätscoefficient keine negativen Werthe haben für Werthe von μ , die größer als die Einheit sind.

Die eigenthümliche Art von longitudinalen Schwingungen, welche Cauchy's Annahme in Bezug auf ω_{μ}^2 und ω''^2 mit sich führt, ist eine wahrhafte Absorption, durch welche ein Theil der Wellenbewegung in Oscillationen der Aethermoleküle verwandelt wird, so daß der in den durchsichtigen Körpern enthaltene Aether, obwohl in Bezug auf die transversalen Schwingungen, ein vollkommen elastisches Mittel, doch in Bezug auf die longitudinalen Schwingungen ein unvollkommen elastisches ist. Gegen diese Annahme hat Hr. Lorenz den Einwurf gemacht, daß man durch eine derartige Einführung von Absorptionscoefficienten fast jedes beliebige Resultat erlangen könne. Ueberdies hat Hr. Strutt gezeigt, daß es bei einer Theorie von unvollkommener Elasticität unmöglich sey, Differentialgleichungen zu erhalten, welche Longitudinalschwingungen von actuel-ler Form geben. Aus allen diesen Gründen muß man schließen, daß man ω_{μ}^2 und ω''^2 nicht als negative Größen betrachten dürfe.

Schreiten wir nun zu der Voraussetzung

2) ω_{μ}^2 und $\omega''^2 > 0$ und sehr große Größen.

Setzt man Kürze halber

$$\frac{\omega^2}{\omega_{\mu}^2 \sin^2 \alpha} = \nu_{\mu}^2; \quad \frac{\omega^2}{\omega''^2 \sin^2 \alpha} = \nu''^2,$$

so erhält man mit Rücksicht auf Gleichung (30)

$$\nu''^2 = \mu^2 \nu_{\mu}^2$$

und folglich hat man im gegenwärtigen Fall:

$$x = \frac{\mu^2 - 1}{\mu^2 \sqrt{1 - \nu_{\mu}^2} + \sqrt{1 - \mu^2 \nu_{\mu}^2}}. \quad (47).$$

Wenn man, wie es Green gethan, annimmt, daß ϖ''^2 und ϖ'''^2 fast unendlich große Größen gegen ϖ^2 und ϖ'^2 seyen und man folglich habe

$$\nu''^2 = \nu'''^2 = 0,$$

so erhält man

$$x = \frac{\mu^2 - 1}{\mu^2 + 1} \quad . \quad . \quad . \quad (48).$$

Die hier erörterte Voraussetzung unterliegt nicht denselben Einwürfen, wie die von Cauchy. Denn die Annahme, daß ϖ''^2 und ϖ'''^2 positive Größen seyen, führt nicht zur Absorption und folglich wird der Aether als ein vollkommen elastisches Mittel betrachtet, sowohl für longitudinale, als für transversale Schwingungen. Nach Green hat man überdies für die Schwingungen der letzteren Art die kubische Ausdehnung $v = 0$ ¹⁾. Denn die Formel (2) giebt z. B.

$$v = \frac{d\xi_{ii}}{dx} + \frac{d\eta_{ii}}{dy},$$

woraus sich vermöge der Relationen (23₁), (34) und (36) ergibt

$$v = \frac{i B_{ii}}{v} \cdot k_{ii}^2 = \frac{i B_{ii}}{v} \cdot \frac{s^2}{\varpi_{ii}^2}$$

ein Ausdruck, der sich offenbar auf Null reducirt, wenn man annimmt, ϖ_{ii}^2 sey eine unendlich große Größe. Auf diese Weise werden diese Schwingungen bis zu einem gewissen Grade vergleichbar denen, die sich bei der totalen Reflexion in das zweite Mittel fortpflanzen und deren Daseyn von verschiedenen Experimentatoren nachgewiesen ist. Indefs, wie wir schon bemerklich machten, wird die Formel (48) nicht von der Erfahrung bestätigt, da die berechneten Werthe von x immer größer sind, als die aus den Beobachtungen abgeleiteten. Diese Bemerkung hat noch mehr Gewicht für die Formel (47), denn, wie Eisenlohr gezeigt hat²⁾, ist der von ihr gelieferte Werth von x immer größer als der, welchen die Formel (48) giebt.

1) Strutt, *Phil. Mag.* (4) XLII, p. 89.

2) Pogg. Ann. Bd. CIV, S. 359.

Nimmt man an, die zwischen zwei Aethermolekülen wirkende Kraft variire umgekehrt wie die n^{te} Potenz des Abstandes, so erhält man aus den Formeln (31)

$$\omega^2 = \frac{4-n}{5} g; \quad \omega_n^2 = \frac{2-3n}{5} g.$$

Da die GröÙe ω^2 immer endlich ist, so muß man folglich, damit ω_n^2 von unendlicher GröÙe sey, haben

$$g = \infty; \quad n = 4.$$

Aus der vorhin gegebenen Auseinandersetzung der verschiedenen Theorien ersieht man also deutlich, was für eine Hypothese übrigens in Bezug auf die GröÙen ω_n^2 und ω^2 angenommen werden mag, daß es unmöglich ist, theoretische Formeln aufzustellen, welche in absoluter Weise von der Erfahrung bestätigt werden, sobald man voraussetzt, der Uebergang des in einem Mittel vorhandenen Aethers zu dem in einem anderen befindlichen könne als discontinuirlich betrachtet werden. Man muß also diese Voraussetzung verwerfen und folglich annehmen, daß die Uebergangsschicht eine merkliche Dicke habe.

Hr. Lorenz hat zuerst eine Theorie gegeben ¹⁾, die da zeigt, wie der Einfluß dieser Dicke betrachtet werden muß, obwohl seine Formeln für diesen Fall nicht vollkommen entwickelt sind, da sein Hauptzweck der war, die Richtung der Schwingungen des polarisirten Lichts zu bestimmen.

Hr. Strutt hat eine sehr einfache Abänderung der Green'schen Formeln vorgeschlagen ²⁾, um sie den Resultaten der Erfahrung anzupassen. Er nimmt nämlich an, daß die intermediäre Schicht, in welcher die totale Veränderung der Dichte des Aethers vor sich geht, so dünn sey, daß es erlaubt sey, den Einfluß derselben auf die transversalen Schwingungen, die sie sehr rasch durchlaufen, zu vernachlässigen. Allein dieß gilt nicht von den longitudinalen Schwingungen, welche sich hauptsächlich in dieser selben Schicht von veränderlicher Dichte fortpflanzen.

1) Pogg. Ann. 1861, Bd. CXIV, S. 238.

2) Phil. Mag. (4) XLII, p. 96.

Bezeichnet man demnach die Dichtigkeiten, welche sich auf diese letzteren Schwingungen beziehen, für das erste Mittel mit ϱ_0 und für das zweite Mittel mit ϱ'_0 , so müssen diese Größen im Allgemeinen um die Dichtigkeiten ϱ und ϱ' differiren. Man hat also statt der Gleichungen (29)

$$\varpi^2 = \frac{M}{\varrho}; \quad \varpi'^2 = \frac{M}{\varrho'}; \quad \varpi''^2 = \frac{L+2M}{\varrho_0}; \quad \varpi'''^2 = \frac{L+2M}{\varrho'_0},$$

woraus

$$\frac{\varpi^2}{\varpi'^2} = \frac{\varrho'}{\varrho} = \mu^2 \quad \text{und} \quad \frac{\varpi''^2}{\varpi'''^2} = \frac{\varrho'_0}{\varrho_0} = \mu^2_0.$$

Vermöge dieser letzten Gleichung hat man wie oben (S. 194)

$$\nu''^2 = \mu^2_0 \nu''^2_0$$

und demgemäß zur Bestimmung von x die Relation

$$x = \frac{\mu^2_0 - 1}{\mu^2_0 \sqrt{1 - \nu''^2_0} + \sqrt{1 - \mu^2_0 \nu''^2_0}},$$

welche sich reducirt auf

$$x = \frac{\mu^2_0 - 1}{\mu^2_0 + 1} \cdot \dots \cdot (49),$$

wenn man annimmt, daß ϖ''^2 und ϖ'''^2 fast unendliche Größen seyen; μ_0 und folglich x sind unbekannte Größen, die man durch Beobachtungen an m und δ bestimmen kann¹⁾.

Man muß gestehen, daß diese Betrachtungsweise viel Wahrscheinliches hat. Die Green'sche Methode zur Behandlung der Frage über die longitudinalen Schwingungen

1) Im *Phil. Mag.* 1845 (3) XXVI, p. 287 (Note) und p. 93 giebt Herr O'Brien Formeln, die im Grunde identisch sind mit denen des Hrn. Strutt, obwohl von anderer Form. Nach seinen Ansichten ist nämlich der Brechungsindex für die longitudinalen Schwingungen nicht gleich dem für die transversalen. Wegen der Demonstration seiner Formeln verweise ich auf eine Abhandlung in den *Cambridge Phil. Trans.* Vol. VIII. Unglücklicherweise habe ich mir diese Abhandlung nicht verschaffen können, so daß ich die darin ausgesprochenen Ideen nicht vollständig kenne. Es ist indeß wahrscheinlich, daß O'Brien, indem er wie Green bei den longitudinalen Schwingungen verfuhr, seine Bedingungen an der Oberfläche nach der Cauchy'schen Methode aufgestellt, d. h. das Princip der Gleichheit zwischen den Drucken durch das von der Continuität der Bewegung ersetzt hat.

giebt zu keinem Einwurf Anlaß. Auch wird man auf diesem Wege nicht zu einer der falschen Formel (45) analogen Relation geführt, weil die GröÙe ϱ_0 des einen Mittels abhängen muß von der Dichte des anderen. Man wird überdies bemerken, daß wenn man, nach diesen Ansichten, $\varrho < \varrho'$ hat, zu setzen ist:

$$\varrho < \varrho_0 \text{ und } \varrho' > \varrho'_0$$

woraus

$$\frac{\varrho'}{\varrho} > \frac{\varrho'_0}{\varrho_0}$$

d. h.

$$\mu > \mu_0 \text{ wenn } \mu > 1$$

und ebenso findet man

$$\mu < \mu_0, \text{ wenn } \mu < 1.$$

Diese Ungleichheiten stehen offenbar in Einklang mit erwiesenen Thatsachen. Gleichfalls sieht man ohne Mühe, wenn man von diesem Gesichtspunkt ausgeht, daß μ_0 im Allgemeinen mit μ wachsen muß, wie es die Erfahrung ergibt. Endlich haben Hr. Haughton ²⁾ und Herr Kurz ³⁾ gezeigt, daß die Werthe von m und δ , welche man aus den Formeln (39) und (42) berechnet, wenn man x als eine constante GröÙe betrachtet, die beobachteten Werthe eben so gut, wenn nicht besser, ausdrücken, als diejenigen, welche man erhält, wenn man x durch $\varepsilon \sin \alpha$ ersetzt. Auch Hr. Jamin scheint dieser Ansicht zu seyn ³⁾.

Es giebt indess eine, von Hrn. Jamin nachgewiesene Thatsache, deren Erklärung sich nicht unmittelbar ergibt. Hat man nämlich $\mu > 1$ d. h. $\varrho' > \varrho$, so wäre zu erwarten, daß man auch hätte $\varrho'_0 > \varrho_0$ oder $\mu_0 > 1$ und folglich x immer positiv. Es giebt indess, wie bekannt, Flüssigkeiten, für welche meistens diese GröÙe negativ ist.

Hr. Strutt neigt zu der Meinung, dieses Phänomen müsse der Wirkung der von den Körpern an ihrer Oberfläche condensirten Luftschicht zugeschrieben werden. Klar

1) *Phil. Mag.* 1853 (4) VI, p. 81.

2) *Pogg. Ann.* 1859, Bd. CVIII, 588.

3) *Ann. de chim. et de phys.* 1860. (3) LIX, p. 424.

ist nämlich, daß diese Schicht so dicht werden könnte, daß ihr Brechungsindex größer würde, als der des reflectirenden Körpers, was sich durch die Formel (49) erklären ließe. Fragt man indeß, wie groß in diesem Fall die Dichte der Luftschicht seyn würde und wendete man, um sie zu berechnen, die bekannte Formel an:

$$\frac{\mu - 1}{\varrho} = \frac{1,000294 - 1}{0,00129},$$

so findet man, indem man ihren Index = 1,5 setzt, die Dichte 2,2 Mal größer als die des Wassers. Obgleich die Zulässigkeit dieser Formel nicht erwiesen ist für Condensationen, die mit der in Rede stehenden vergleichbar wären, so genügt es doch, wie mir scheint, um zu zeigen, daß die Wirkung der Luft höchstens nur eine accessori-sche seyn kann.

Mit mehr Grund könnte man vermuthen, daß dieses Phänomen einigermaßen verknüpft sey mit der Oberflächen-spannung der Körper, die für die Flüssigkeiten hinreichend erwiesen ist und deren Daseyn selbst bei starren Körpern durch die Versuche des Hrn. Quincke wahrscheinlich gemacht ist¹⁾. Es ist nämlich klar, daß der Ellipticitäts-coëfficient negativ werden könnte, wenn diese Spannung von einer Verdichtung der oberflächlichen Schicht des reflectirenden Körpers begleitet wäre. Unglücklicherweise wird jetzt ziemlich allgemein angenommen, daß die Dichte dieser Schicht geringer sey als die des Inneren; allein es ist zu bemerken, daß diese, von Poisson herstammende Voraussetzung nicht experimentell erwiesen ist, wenigstens ist ein Physiker, Hr. Hagen, entgegengesetzter Meinung²⁾. Jedenfalls wird es nützlich seyn, die folgenden Thatsachen zu beachten.

Die Substanzen, welche bisher in Bezug auf die beiden Phänomene der Polarisirung durch Reflexion und der Capillarität untersucht wurden, sind: Wasser, Aether, Jodwasserstoff, Benzoe-Aether, Terpentinöl, Amylen und

1) Pogg. Ann. 1868, Bd. CXXXIV, S. 356.

2) Pogg. Ann. 1846, Bd. LXVII, S. 1.

einige andere Flüssigkeiten. Der Capillaritätscoëfficient, von Wilhelmy¹⁾ und von Hrn. Quincke²⁾, α genannt, und die nach Hagen die oberflächliche Spannung repräsentirt, hat für Wasser, dessen Ellipticitätscoëfficient negativ ist, den Werth 7,5; während bei den übrigen Substanzen, die in Bezug auf Reflexion sämmtlich positiv sind, der Coëfficient α viel geringere, zwischen 1,8 und 3,7 schwankende Werthe hat.

Aus diesen Bemerkungen geht, wie mir scheint, hervor, daß die elliptische Polarisation, welche durch die Reflexion an durchsichtigen Körpern erzeugt wird, eine ziemlich verwickelte Erscheinung ist, deren Ursachen noch nicht alle wohl bekannt sind; daß indess die von Hrn. Strutt modificirten Green'schen Formeln, obwohl diese Modification noch nicht auf eine vollkommen strenge Weise durchgeführt ist, die Resultate der Versuche auf eine sehr genügende Weise erklären.

(Fortsetzung im nächsten Heft)

II. Ueber das Medium bei der elektrischen Influenz; von Dr. H. Brongersma.

Faraday hat bekanntlich eine Theorie der elektrischen Influenz gegeben, bei welcher er der zwischen dem elektrisirten und dem influencirten Leiter befindlichen Substanz nicht nur eine wesentliche Rolle ertheilt, sondern diese sogar wie ein Mittel betrachtet, wodurch die elektrische Influenz sich von Molecül zu Molecül fortpflanzt. Diese Theorie hat wenig Anhänger gefunden; man scheint ziemlich allgemein überzeugt zu seyn, daß sie durch einen experimentellen Versuch des berühmten Physikers Riefs widerlegt sey.

1) Pogg. Ann. 1864, Bd. CXXI, S. 57.

2) Pogg. Ann. 1866, Bd. CXXXIV, S. 10 und 15.

Nachdem ich mich vor langer Zeit mit einem Versuche über den elektrischen Zustand der nicht leitenden Körper beschäftigt hatte, kam mir Riefs' Versuch nicht ganz einwurfsfrei vor, so daß ich mich entschloß auf's Neue einen experimentellen Versuch anzustellen, dessen Resultate ich wage dem Urtheile der Naturforscher zu unterwerfen. Ehe ich aber zu dieser Beschreibung übergehe, glaube ich eine Uebersicht geben zu müssen von Faraday's Theorie und von den Einwendungen, welche man wider dieselbe gemacht hat.

I.

Nach Faraday's Theorie ist die Fernwirkung bei dem Elektrischwerden durch Influenz im Allgemeinen nur scheinbar; diese Wirkung kommt nur dadurch zu Stande, daß das Medium, welches sich zwischen beiden Körpern befindet, unter dem Einflusse des influencirenden Körpers, in einen polaren Zustand versetzt wird. Die Molecüle, sowohl der nicht leitenden als der leitenden Körper sind an sich vollkommene Leiter der Elektrizität (1669, 1670)¹⁾. Im normalen Zustande sind sie nicht polar, in der Nähe eines elektrisirten Körpers werden sie dies auf dieselbe Weise wie ein isolirter Leiter. Dies ist aber ein gezwungener Zustand, so daß sie, wenn die Influenz aufhört, zum Naturzustande zurückkehren. Ein elektrisirter Körper wirkt also nicht unmittelbar auf einen anderen Körper, sondern auf die angränzenden Molecüle des Mediums, von denen er, vorausgesetzt, daß er versehen sey mit positiver Elektrizität, die negative Elektrizität anzieht, die positive abstößt; diese Molecüle wirken wieder auf dieselbe Weise auf die folgenden, und so die letzten auf den Körper, welcher durch Influenz elektrisch wird. Auch durch Mittheilung können die Körper elektrisch werden, so daß die Elektrisität ununterbrochen von dem einen Molecül auf das andere übergeht. Bei einzelnen Körpern geht

1) Faraday, *Experimental Researches*. In der Folge wird bloß der angeführte §. erwähnt.

dieses leicht, bei andern schwer und gelingt dies erst nach einer kräftigen oder langwierigen Wirkung; erstere sind gute, letztere schlechte Leiter der Elektrizität (1675). Die Art, worauf sich die verschiedenen schlecht leitenden Substanzen, gewöhnlich Nichtleiter genannt, bei der Influenz verhalten, ist auch nicht dieselbe. Sowohl Verschiedenheit in der Form der Molecüle, denen wahrscheinlich ein großer Einfluß zuerkannt werden muß, als andere Umstände, machen, daß diejenigen der einen Substanz den polaren Zustand leichter annehmen als die der andern, wovon die Eigenschaft der Substanz, welche Faraday spezifisches Inductionsvermögen (*specific inductive capacity*) nennt, eine Folge ist (1229). Er suchte diese Eigenschaft mittelst seines Differential-Inductometers, eines Apparates, den wir später in geänderter Form beschreiben werden, durch Experimental-Versuche nachzuweisen.

Weiter kann ein elektrisirter Körper bloß durch eine nicht leitende Substanz hin vertheilend auf einen andern Körper wirken; befindet sich zwischen beiden Körpern ein Leiter, der leitend mit dem Boden verbunden ist, und wird dennoch der zweite Körper durch Influenz geladen, so muß die vertheilende Wirkung stattfinden nach krummen Linien um den Leiter herum, und diese Linien nennt Faraday Kraftlinien (*lines of force*). Durch Folgendes wollen wir Faraday's Meinung hinsichtlich verschiedener Punkte näher zu beleuchten suchen.

Es sey *A* (Fig. 8 Taf. IV)¹⁾ ein positiv elektrisirter Körper, *C* ein isolirter Leiter, *B* und *D* Reihen Molecüle einer nichtleitenden Substanz, z. B. Luft. Nun wirkt *A* vertheilend auf das erste Molecül, dieses auf das zweite usw. und das letzte auf das angränzende Molecül von *C*, dieses wieder auf das folgende usw. Aber *C* ist ein Leiter, so daß die Elektrizität hier in einem unermesslich kleinen Augenblicke von dem einen Molecül auf das andere übergeht, wovon die bekannte Vertheilung der Elektrizität auf *C* eine Folge ist. Die positive Elektrizität auf der Hinterfläche von *C* kann jetzt wieder vertheilend wirken auf die an-

1) Schon dem Heft V beigegeben.

gränzenden Molecüle *D* usw. Verbindet man jetzt *C* leitend mit dem Boden, so wird die positive Elektricität neutralisirt, demzufolge die vertheilende Wirkung von *C* auf die Molecüle aufhört. Stellt man jetzt ein Probescheibchen bei leitender Berührung z. B. irgendwo in *E*, in den elektrischen Schatten von *C*, und sieht nun, nachdem es isolirt weggenommen ist, daß es negativ elektrisch ist, so kann dies nicht veranlaßt seyn durch die Molecüle *D*, welche neutral sind. Dies kann bloß die Folge seyn der vertheilenden Wirkung der Molecüle nach krummen Linien um den Körper herum. Die Molecüle, welche *A* umgeben und welche in allen Richtungen um *A* herum in einen polaren Zustand versetzt sind, und zwar mehr oder weniger abhängig von der Art, der Form und der Entfernung der Körper, welche sich in der Nähe von *A* befinden, werden sich stärker nach *E* richten, je nachdem sich mehr negative Elektricität in *E* befindet. Und dies wird wechselseitig eine Vermehrung der negativen Elektricität in *E* hervorbringen.

Befindet sich in *E* ein nicht isolirter Leiter, versehen mit einem nach *A* gerichteten scharfen Punkte, so wird eine anfangs schwache polare Wirkung diesen Punkt negativ elektrisch machen; jetzt werden sich hieher aufs Neue Reihen polarer Molecüle richten, oder wie Faraday es ausdrückt, die Kraftlinien werden hieher convergiren (1302, 1374), welches eine Vermehrung der Elektricitätsmenge in *E* hervorbringt. Wenn die Ladung in *E* eine gewisse Gränze erreicht hat, so geht von *E* heraus negative Elektricität über auf die angränzenden Luftmolecüle. Wäre solch ein Molecül nun in der unmittelbaren Nähe eines anderen leitenden Körpers, so könnte sie ihre Ladung daran mittheilen; dies kann bei sehr starker Ladung auch noch stattfinden, wenn die folgenden gleichfalls Luftmolecüle sind (1440); es ist möglich, daß die Elektricität auch dann noch von Molecül zu Molecül übergeht, bis dies endlich bei dem immer Schwächerwerden der Ladung nicht mehr stattfindet. Ein Molecül, welches

auf diese Weise elektrisch wird, wird sich entladen, wenn es in Berührung kommt mit einem Leiter oder Nichtleiter. Bei den Nichtleitern wird es von der Beschaffenheit der Substanz abhängen, ob dies geschieht oder nicht (1504, 1550, 1551, 1560). Wird ein Gasmolecül in Berührung mit einem elektrisirten Körper nicht so stark geladen, daß ein Uebergang der Elektricität auf die folgenden Molecüle stattfindet, so wird es sich, durch den Stoß, den es bekommt, fortbewegen, bis es einen guten oder schlechten Leiter antrifft, wovon dann eine Entladung die Folge seyn kann.

Ein wesentlicher Unterschied zwischen leitenden und isolirenden Körpern besteht nach Faraday's Meinung nicht. Es sind die am weitesten entfernten Gränzen desselben Zustandes. Die Leitung, sagt er (1611, 1612), scheint eine Wirkung zwischen den sich begränzenden Theilen zu seyn; alle Körper leiten die Elektricität, Gase sowohl wie Metalle und ganz auf ähnliche Weise. Jetzt erhebt sich die Frage: worin besteht denn die Ursache der verschiedenen Art, in der sich die Körper hinsichtlich der Elektricität verhalten. Besteht diese darin, daß kein Uebergang der Elektricität von Molecül zu Molecül stattfinden kann, bevor die vertheilende Wirkung in den Molecülen, d. h. der polare Zustand bis zu einem gewissen Grade gestiegen ist, der je nach den verschiedenen Körpern ungleich ist? Oder ist es wahr, daß das leitende Vermögen eine Function der Zeit ist und zwar bei verschiedenen Körpern eine verschiedene, so daß auch bei nicht stark vertheilender Wirkung Elektricität von Molecül zu Molecül übergeht, sogar bei Körpern wie Schellack, Schwefel usw., ebenso wie bei den Metallen, bloß mit dem Unterschiede, daß erstere eine längere Zeit zur Leitung bedürfen als letztere. Der ersteren Annahme nach würde das isolirende Vermögen größer seyn, je nachdem größere Kraft nöthig ist, um die Entladung zwischen den Molecülen zu erzielen, und diese würde bei verschiedenen Substanzen verschieden seyn; zweitens würde das isolirende

Ver
steh
Ann
fes
Flu
Etli
stim
ein;
citä

Beg
bei
neu
die
wür
er
da
zen
der
die
die
die
suc
Gr
gen
dur
Bi
gef
ab
tric
per
noc

1)
2)
3)
4)
5)

Vermögen zunehmen mit der Zeit, welche für das Entstehen gleicher polarer Vertheilung nöthig ist. Die erste Annahme scheint auf die gasförmigen, die zweite auf die festen isolirenden Körper anwendbar zu seyn, indem die Flüssigkeiten sich nicht alle auf ähnliche Weise verhalten. Etliche Flüssigkeiten, wie z. B. Terpentinöl und Steinöl, stimmen in dieser Hinsicht mit den festen Körpern überein; andere zeigen zugleich mit der Leitung der Elektricität chemische Wirkungen.

Nach Riefs¹⁾ fufst diese Theorie auf den unrichtigen Begriff, daß von den drei Elektricitätsmengen, welche bei der Wirkung eines elektrisirten Körpers auf einen neutralen Körper auftreten, zwei dieser Quantitäten eine die Wirkung des anderen nach außen ganz aufheben würden. Denn ein Körper wird in der Annahme, daß er mit positiver Elektricität versehen ist, nach Faraday's Theorie bloß vertheilend einwirken auf die angränzenden Molecüle des Mediums, die positive Elektricität der letzten wieder auf die folgenden Molecüle, so daß die negative Elektricität der ersten Reihe Molecüle und die positive des Körpers dabei ganz unthätig bleiben. Da dieß nun, nach Riefs, mit einem experimentalen Versuche in Widerspruch ist, findet er damit schon allein Gründe genug Faraday's Theorie als nicht zu vertheidigen zu erklären. Diese Behauptung scheint aber weder durch Riefs' Versuche noch durch Versuche Anderer wie Biot²⁾, Ohm³⁾ und Fechner⁴⁾, welche von Riefs angeführt werden⁵⁾, hinreichend bestätigt zu werden. Wenn aber auch durch Versuche gezeigt wird, daß drei Elektricitätsmengen, bei der Wirkung eines elektrisirten Körpers auf einen isolirten Leiter auftreten, so beweist dieß noch nichts wider Faraday's Theorie, man kann es

1) Dove's Rep. Bd. VI, S. 129. — Pogg. Ann. Bd. 92, S. 339.

2) *Traité de phys.*

3) Pogg. Ann. Bd. 51, S. 321.

4) Schweigg. Journ. Bd 61, S. 193.

5) Dove's Rep. Bd. II, S. 29. Bd. IV, S. 135.

vielmehr als eine nothwendige Folge dieser Theorie betrachten.

Nehmen wir an, es sey ein isolirter Cylinder in der Nähe einer elektrisirten Metallkugel aufgestellt, so daß die Axe des Metallcylinders nach dem Mittelpunkte der Kugel gerichtet ist. Stellen wir jetzt an derselben Seite auf etwas größserer Entfernung von der Kugel in verschiedenen Lagen zu dieser, einen zweiten Metallcylinder auf, so werden im Allgemeinen auch von der Kugel ausgehende Kraftlinien nach diesem Cylinder convergiren; und allerdings wird dies auch dann noch der Fall seyn, wenn die Axe des Cylinders sich im Verlängerten der Axe des ersten Cylinders befindet; indem zugleich die Seitenwirkung der unter dem Einflusse der ungleichnamigen Influenzelektricität auf den ersten Cylinder polaren Molecüle die Richtung der Kraftlinien ändern wird, so daß der zweite Cylinder in der That unter dem Einflusse der drei Elektricitätsmengen elektrisch wird. Wir können uns von der Richtung der Kraftlinien in diesem Falle vielleicht einen Begriff machen dadurch, daß wir drei Magnetstäbe in kleinen Distanzen von einander aufstellen, so daß die Axen in einander verlängert fallen und die Pole abwechselnd auf einander folgen. Dadurch, daß man sie mit Eisenfeilicht bestreut, beobachtet man deutlich die Richtung der magnetischen Kraftlinien. Nehmen wir jetzt an, um es mehr der Sprache der Mathematik gemäß auszudrücken, daß wir in dem von uns gewählten Beispiel, wobei die Axen der Cylinder in einer geraden Linie liegen, welche durch den Mittelpunkt der Kugel geht, die Niveauflächen construiren können; daß wir nachher die positive Elektricität der Kugel sowohl als die ungleichnamige Influenzelektricität des ersten Cylinders entfernen können, ohne daß wir übrigens etwas an der Vertheilung der positiven Elektricität auf jenem Cylinder ändern, um nachher aufs Neue die Niveauflächen zu construiren, so werden diese nicht mit den ersten zusammenfallen. Auch die Kraftlinien im ersten und zweiten Falle fallen also nicht zusammen, so daß die Elektricität auf der

Kug
auf
trisch
Theo
elekt
tricit
lung
sen,
wider
derer
Ueb
Neu
kung
denk
sond
größ
Dist
fern,
und
ten
so w
seyn
stanz
Nur
verth
kom
I
best
Far
Bes
den
Dam
viell
bring
als
sie
sich

Kugel, sowohl als die ungleichnamige Influenzelektricität auf dem ersten Cylinder Einfluß haben müsse auf den elektrischen Zustand des zweiten Cylinders. Aus Faraday's Theorie folgt aber, daß die drei bei der Wirkung eines elektrisirten Leiters auf einen anderen auftretenden Elektricitätsmengen in der That allen Einfluß auf die Vertheilung der Elektricität auf einen dritten Leiter ausüben müssen, so daß Riefs' Einwand nicht als eine Beschwerde wider diese Theorie gelten kann. Man hat noch einen anderen Einwand wider Faraday's Theorie erhoben. In Uebereinstimmung mit einem bekannten Ausspruch von Newton kennt man das wider den Begriff einer Wirkung in die Ferne bestehende Bedenken, allein dieses Bedenken ist, wie man sagt, von Faraday nicht aufgehoben, sondern nur verschoben. Er hat bloß die Wirkung auf die größere Distanz der Körper zu einer auf die kleineren Distanzen der Molecüle reducirt und dann noch nur insofern, als es Molecüle giebt zwischen dem influencirenden und influencirten Körper. Denn wenn man einen elektrisirten Körper in eine vollkommene Luftleere stellen könnte, so würde es, sagt Faraday, seiner Theorie nicht zuwider seyn, wenn dieser nach dem bekannten Gesetze der Distanzen vertheilend auf die Wände dieses Raumes wirke. Nur dann, wann sich eine Substanz vorfindet, muß die vertheilende Wirkung mittelst dieser Substanz zu Stande kommen.

Der Einwurf, obgleich auch von Anwendung auf die bestehende Theorie, ist vollkommen richtig. Und wenn Faraday bloß bezweckt hätte, durch seine Theorie alle Beschwerden wider eine Fernwirkung aufzuheben, so würden seine Versuche jenem Zwecke nicht entsprochen haben. Damit sey aber nicht gemeint, daß seine Theorie uns nicht vielleicht einen ersten großen Schritt dem Zwecke näher bringt, und daß sie nicht umfangreicher ist in ihren Folgen als die bestehende Theorie; damit ist nicht widerlegt, daß sie den Resultaten eines experimentellen Versuches, wie sich später zeigen wird, ihren größten Werth entnimmt.

Es war für Faraday, der gleichsam die Bewegungen

der Moleculë sah, ungereimt, daß ein elektrisirter Körper vertheilend auf die Moleculë eines entfernten Körpers hinwirken könnte, ohne daß er Einfluß ausübe auf diejenigen der nächsten Umgebung. Auch meinte er, daß etliche bekannte Erscheinungen (1216), die, wie bei der Elektrolyse, worüber er seine berühmten Erforschungen schon damals bekannt gemacht hatte, bei den elektrischen Funken, Lichtbüscheln usw. wahrgenommen werden, als seiner Theorie, günstig betrachtet werden können; aber, sagt er, sie können für zweifelhafte Beweise gehalten werden, weil man hierbei mit Strömungen und Entladungen zu schaffen hat, wiewohl sie doch auf eine vorhergehende moleculare Ordnung hinzudeuten scheinen. Glücklicherweise gesellt sich zu Faraday's Speculationen immer ein experimenteller Versuch und dieser war immer reich an den schönsten Resultaten. Ein solcher Versuch kann bloß Ansprache thun über die Frage, ob das Medium da, wo es sich vorfindet, wirklich Einfluß auf die vertheilende Wirkung ausübe.

Wenn man durch Experimente beweisen kann, daß die vertheilende Wirkung stattfinden kann nach krummen Linien, so muß dies, Faraday's Meinung nach, eine kräftige Hülfe seyn für seine Theorie; sollte das Experiment es zeigen, daß dieß nicht der Fall ist, so würde aber vielleicht noch nicht unbedingt ein Beweis wider seine Theorie seyn. Bei näherem Versuche scheint sich aber zu zeigen, daß sie eine nothwende Folge seiner Hypothese ist, daß die vertheilende Wirkung mittels des Mediums stattfindet. Was die Resultate des von Faraday gemachten experimentellen Versuchs anbetrifft, so müssen wir auf seine Abhandlungen hinweisen. Hier sey nur bemerkt, daß die von ihm wahrgenommenen Erscheinungen auch durch die mathematische Elektricitätstheorie erklärt werden können, so daß sein Versuch keine entschiedene Beweise für seine Theorie geliefert hat.

Wiewohl von den Bekämpfern dieser Theorie keine wichtigen Beschwerden wider die vertheilende Wirkung nach krummen Linien angeführt sind, nahm man doch

Anst
Wirk
nung
math
sagt
tate
seine
hat,
es de
einen
würd
geben
U
diese
ben,
hat g
die V
auf
sirt
auf
dens
math
Fou
statt
der V
son
welc
nen
zur
men,
einer
ist v
nach
noch
den
es g
zung
Pog

Anstand daran, wie Rieffs sagt, eine neue Eigenschaft jener Wirkung anzunehmen, um so viel mehr, weil die Erscheinungen, welche sich hierauf beziehen, auch mittels der mathematischen Theorie erklärt werden können. Faraday sagt (1305), daß er auch die von ihm erlangten Resultate verglichen habe mit denjenigen, welche Poisson aus seinen schönen mathematischen Untersuchungen abgeleitet hat, insofern diese für ihn verständlich waren, und er hält es demnach für wahrscheinlich, daß auch seine Theorie in einem mathematischen Versuche ihre Bestätigung finden würde, wenn man sich zu solch einem Versuche die Mühe geben wollte.

Unter den Mathematikern, welche sich mit den auf diese Theorie bezüglichen Betrachtungen beschäftigt haben, muß besonders W. Thomson genannt werden. Er hat gezeigt, daß mit jedem Probleme, welches sich auf die Vertheilung der Elektrizität auf leitende Körper oder auf die Kräfte der Anziehung und Abstößung elektrisirter Körper bezieht, ein Problem übereinstimmt, das sich auf die Wärmeleitung bezieht, solchergestalt daß beide denselben analytischen Bedingungen genügen, so daß sie mathematisch betrachtet dieselben Probleme sind. Nun hat Fourier die Gesetze, nach welchen die Wärmeleitung stattfindet, zum Fundament einer mathematischen Theorie der Wärmeleitung gemacht; und wenn wir jetzt, sagt Thomson, entsprechende Gesetze finden für die Erscheinungen welche bei der Elektrizität wahrgenommen werden, so können wir diese mathematische Theorie der Wärmeleitung zur Basis der mathematischen Theorie der Elektrizität nehmen, wenn wir dies wenigstens unabhängig thun von irgend einer Hypothese. Weil nun bei der Wärmeleitung die Rede ist von einer Fortpflanzung von Molekül zu Molekül, welche nach krummen Linien stattfinden kann, so ist damit zwar noch nicht ausgemacht, daß dies auch bei der vertheilenden Wirkung der Elektrizität der Fall seyn werde; aber es giebt doch Veranlassung zu der Idee einer Fortpflanzung jener Wirkung mittelst der angränzenden Theile des

Mediums. Auf Pagina 50 der „*Papers on Electrostatics etc.*“ findet man noch einen der Hauptsätze, deren sich Faraday bedient, bewiesen, unabhängig von den oben genannten Betrachtungen.

Mossotti hat auch schon längst einen mathematischen Versuch gemacht, die Fortpflanzung der Influenz durch das Medium zu erklären¹⁾; und Maxwell, der auch bei seinen mathematischen Betrachtungen Faraday's Theorie angewendet hat, sagt im Vorworte seines Werkes: „*Treatise on electricity and magnetism*“: Als ich Faraday's Ideen in eine mathematische Form gekleidet hatte, fand ich, daß im Allgemeinen die zwei Methoden (nämlich die von Faraday und die der Mathematiker, welche die elektrische Wirkung als eine Wirkung in die Ferne betrachten) zu analogen Resultaten führen, solchergestalt, daß durch beide Methoden von denselben Erscheinungen Rechenschaft gegeben wird und die nämlichen Gesetze für die elektrische Wirkung gefunden werden; daß jedoch Faraday's Methode zu vergleichen ist mit derjenigen, nach welcher man mit dem Ganzen anfängt, um durch Analyse zu den Untertheilen hinabzusteigen; während man nach dem Princip der gewöhnlichen mathematischen Methode von den Untertheilen ausgeht, um mittelst der Synthese zum Ganzen hinaufzusteigen. Ich fand zugleich, daß mehrere der fruchtbarsten mathematisch entdeckten Methoden der Erforschung weit besser ausgedrückt werden können in den von Faraday entnommenen Ideen, als in der davon ursprünglich gegebenen Form.

Thomson hat weiter gezeigt, daß die Resultate der Versuche, durch welche Faraday die Eigenschaft, welche er spezifisches „Inductionsvermögen“ der Substanz nannte, nachzuweisen sich bemühte, und für welche wir der Kürze wegen auf seine Abhandlungen hinweisen müssen, vollkommen übereinstimmen mit derjenigen eines mathematischen Versuchs. Er geht hierbei aus von der Voraus-

1) *Discussione analitica sull' influenza che l'azione di un mezzo dielettrico etc.* per Mossotti. *Memorie della Società Italiana delle Scienze*, Tomo XXIV. Modena 1846.

setzu
leiter
vers
kann
welc
eines
Hyp
kung
netis
im A
Tho
Körp
dere
bedi
tend
ein
I
Er
hält
chen
sche
zu
lack
bare
man
ralle
sch
den
vere
von
jetzt
vora
mitt
Rie
war
blich

1)

setzung, daß der polare Zustand eines festen nichtleitenden zwischen zwei mit ungleichnamiger Elektrizität versehenen Leitern gestellten Mediums betrachtet werden kann als übereinstimmend mit der magnetischen Polarität, welche erregt wird in weichem Eisen unter dem Einflusse eines Magnets. Nun hat Poisson mittelst der bekannten Hypothese in Betreff der Natur der magnetischen Einwirkung die mathematischen Gesetze der Vertheilung von Magnetismus und von magnetischer Anziehung und Abstossung im Allgemeinen festgestellt. Diese Gesetze scheinen, sagt Thomson, den Zustand eines durch Influenz polarisirten Körpers ganz allgemein vorzustellen, und wir können uns deren, ohne irgend eine andere Hypothese anzunehmen, bedienen bei der mathematischen Theorie der nicht leitenden unter elektrische Influenz gestellten Körper, wenn ein experimenteller Versuch damit nicht streitig ist.

Dieses letztere war es eben, was Riefs bezweifelte. Er stellte daher einen experimentellen Versuch an¹⁾ und hält Faraday's Meinung durch seine Resultate hinreichend widerlegt. Sein Apparat besteht aus zwei Kupferscheiben, welche in einer Entfernung von 26^{mm} parallel zu einander auf Glasstäben befestigt sind. Eine Schellackscheibe wurde auf einen, unten um ein Scharnier drehbaren gefirnifsten Glasstab solchergestalt gestellt, daß man die Schellackscheibe in eine den Kupferscheiben parallele Ebene versetzen konnte; außerdem war sie verschiebbar, so daß man derselben jeden Stand zwischen den Kupferscheiben geben konnte. Dieser Apparat ist ein vereinfachter Inductometer von Faraday, wie dieser schon von ihm hergestellt ward (1314). Die Scheibe *A* wurde jetzt geladen und, setzen wir auch in der Folge immer voraus, mit positiver Elektrizität, indem die Scheibe *B* mittelst eines dünnen leitenden Drahtes mit einem von Riefs geänderten Behrens'schen Elektroskop verbunden war. Nachdem der Knopf des Elektroskops einen Augenblick leitend mit dem Boden verbunden gewesen war, wurde

1) Pogg. Ann. Bd. 92, S. 337.

die Schellackscheibe zwischen die beiden Kupferscheiben gebracht, was sogleich eine starke Vermehrung der Influenz-
elektricität auf *B* ergab, bemerklich an der positiven Ladung, welche das Goldblatt des Elektroskops anzeigte. Als das Elektroskop nun für einen Augenblick leitend berührt und hernach die Schellackscheibe aus dem Zwischenraume der Kupferscheiben entfernt wurde, gab das Elektroskop eine Verminderung der Influenzelektricität auf *B* an.

Bis dahin ist also der Versuch ganz übereinstimmend mit dem Faraday's. Bringt man aber nur einen kleinen Theil der Schellackscheibe in den Zwischenraum der Kupferscheiben, so daß der größte Theil außerhalb dieses Raumes liegt, so wird dadurch die Influenzelektricität auf *B* vermindert, so daß auch bei der Bewegung der Schellackscheibe nach jenem Zwischenraum hin das Elektroskop im Augenblicke, in welchem sich erst ein kleiner Theil in jenem Zwischenraum befindet, eine kleine Verminderung anzeigt; aber unmittelbar hernach folgt bei der weiteren Bewegung eine starke Vermehrung. Dieses nun, sagt Riefs, ist schon bestimmt mit Faraday's Theorie in Widerspruch, denn es besteht seiner Meinung nach kein einziger Grund, warum ein kleines Stück Schellack den Einfluß schwächen sollte, welcher durch ein großes Stück verstärkt wird. Faraday macht aber die Bemerkung ¹⁾, daß was für einen kleinen nicht abgesonderten Theil eines größeren Stückes gilt, noch keine Wahrheit für ein kleines Stück zu seyn braucht. Weiter sagt er, daß ein Körper von großem specifischem Inductionsvermögen gleichfalls Aenderung in der Richtung der Kraftlinien hervorbringen muß, wenn er als leitender Körper in die Nähe eines influenzirenden Körpers gestellt wird. Die Erscheinung enthält also nichts was seiner Theorie widerspricht. Riefs erkennt ²⁾ zwar theilweise die Richtigkeit von Faraday's Bemerkung an, aber er findet es doch schwer, die Erscheinung nach dessen Theorie zu erklären. Wir werden

1) Pogg. Ann. Bd. 97, S. 427.

2) Pogg. Ann. Bd. 97, S. 438.

aber späterhin zeigen, daß diese Erscheinung eine ganz andere Ursache hat.

Nachdem Riefs seinen Apparat einigermaßen geändert hat, wiederholt er den oben beschriebenen Versuch, bei welchem er die Scheibe von Schellack durch Scheiben verschiedener Substanzen ersetzt, mit diesem Erfolg: daß alle eine Vermehrung der Influenzelektricität auf *B* verursachen, außer einer Glimmerplatte von $\frac{1}{10}$ mm Dicke, einer Glasplatte von $1\frac{1}{3}$ mm Dicke und einer kupfernen Scheibe von $\frac{1}{4}$ mm Dicke, welche eine Verminderung verursachen.

Als er die Kupferscheiben ersetzte durch Kupferkugeln, verursachte auch eine Scheibe von Guttapercha eine Verminderung der Influenzelektricität auf *B*. Die mit den Metallscheiben erhaltenen Resultate hängen offenbar von den Dimensionen ab; Metallscheiben, welche leitend mit dem Boden verbunden waren, gaben eine Verminderung der Influenzelektricität auf *B*, wie im Voraus zu sehen war. Riefs leitet ferner aus seinen Untersuchungen folgenden Satz ab: Der Einfluß nicht leitender Scheiben auf die vertheilende Wirkung hängt ab, sowohl von der Form und den Dimensionen dieser Scheiben, als von jenen der Leiter, welche bei solchen Versuchen gebraucht werden. Und hiermit ist, sagt Riefs, auf einfache Weise Faraday's Meinung, was die Differenz an specifischem Inductionsvermögen der Körper betrifft, widerlegt. Man könnte aber auch sagen: hiermit ist gezeigt, daß es, außer dem specifischen Inductionsvermögen der Körper, noch andere Einflüsse giebt, welche die vertheilende Wirkung ändern können. Man könnte jetzt fragen: „welchen Ursachen ist dann der Einfluß der nichtleitenden Medien auf die vertheilende Wirkung zuzuschreiben? Riefs giebt hierauf folgende Antwort:

„Auf welche Weise die Wirkung der isolirenden Zwischenplatten zu Stande kommt, ist nicht direct auszumachen, weil der elektrische Zustand dieser Platten sich der Untersuchung entzieht, und es muß die analoge Wirkung der leitenden Zwischenplatten hinzugezogen werden, bei welchen

diese Untersuchung ausgeführt werden kann¹. Darnach stellt er einen Versuch an über die Weise, auf welche die Influenzelektricität auf Metallscheiben verschiedener Dimensionen vertheilt ist; und hierauf folgert er: „Da es unzweifelhaft ist, daß bei leitenden Zwischenplatten diese Wirkung allein durch die Anordnung der beiden Influenzelektricitäten auf den Platten bedingt wird, so werden wir nothwendig darauf geführt, die Wirkung der nichtleitenden Zwischenplatten demselben Grunde zuzuschreiben. Daß auch die am vollkommensten isolirenden Körper durch die Influenz eines elektrisirten Körpers an ihrer Oberfläche mit beiden Elektricitätsarten versehen werden, steht fest, und daß diese Elektricitäten auf jede der gebrauchten isolirenden Zwischenplatten in der kurzen Zeit zum Vorschein kommen, in welcher die Wirkung jener Platten beobachtet wurde, lehrt ein leichter sehr augenfälliger Versuch.“ Daß der oben erwähnte Versuch uns nicht dasjenige lehrt, was Riefs meint, ist schon von Faraday, aber besonders später auch von v. Bezold²) überzeugend nachgewiesen.

Faraday glaubt aus den oben erwähnten Betrachtungen ableiten zu müssen²), daß Riefs, sowohl den Einfluß der isolirenden, als jenen der leitenden Scheiben auf die vertheilende Wirkung, der Leitung zuschreibt; und darauf zeigt er, daß dieß nicht der Fall seyn könne. Es gelang ihm nämlich eine Scheibe von Schwefel in weniger als vier Secunden, an der einen Seite positiv, an der andern Seite negativ elektrisch zu machen. Während einiger Minuten schien der Zustand ungeschwächt derselbe zu bleiben und sogar Stunden nachher war die Scheibe noch geladen. Die vertheilende Wirkung durch eine nichtleitende Scheibe hin kommt in einem unermesslich kleinen Augenblicke zu Stande; wie ist es jetzt möglich, fragt er, hierbei an eine Leitung zu denken, während für die Vereinigung positiver und negativer Elektricität auf der Scheibe von Schwefel eine Zeit erfordert wird, welche hundert Mal größer ist.

1) Pogg. Ann. Bd. 143, S. 67.

2) Pogg. Ann. Bd. 97, S. 419.

Ueberdies würde eine solche Leitung gewiß nicht analog seyn mit der isolirenden Einwirkung des schlechten Leiters bei dem Condensator.

Riefs antwortet u. a. hierauf¹⁾: „Bei einer nichtleitenden Platte kann ich zwar die Anordnung der Elektricitäten nicht untersuchen, aber mit einer angenommenen Anordnung kann ich gleichfalls die Wirkung dieser Platte erklären und muß deshalb leugnen, daß zwischen der Wirkung leitender und nichtleitender Platten bei der Influenz ein wesentlicher Unterschied vorhanden sey. Daß die Art und Weise, in welcher die Influenz auf einer leitenden und nichtleitenden Platte zu Stande kommt, in jeder Hinsicht dieselbe sey, habe ich weder gesagt noch gemeint.“

Indessen hat Riefs schon früher gesagt²⁾, da er über die Eigenschaft spricht, welche Faraday specifisches Inductionsvermögen nennt: „Diese Eigenschaft ist offenbar nichts Anderes als das Leitungsvermögen der Isolatoren, in dem speciellen Falle der Ladung, welche entgegengesetzte Elektricitätsarten auf nahestehenden Flächen desselben Körpers anhäuft“. Es scheint also, daß wir die Isolatoren bald als nichtleitende, bald als leitende Körper betrachten müssen, ohne daß wir uns auch einigermaßen Rechenschaft geben können von den Ursachen, warum sie sich so verschieden verhalten und von der Weise, auf welche die Leitung, in dem von Riefs erwähnten Falle zu Stande kommt. Wir meinen demnach schließen zu können, daß Riefs's Anschauungsweise jede vernünftige Grundlage fehlt, so daß diese, um den Einfluß der nichtleitenden Körper auf die vertheilende Wirkung zu erklären, nicht in Betracht gezogen werden kann. Der Schluß seiner Abhandlung ist merkwürdig dadurch, daß er uns da die Ursachen zu erkennen giebt, warum seine Resultate nur scheinbar Faraday's Theorie beweisen. Es würde nämlich, sagt Riefs, für die Anordnung der isolirenden Körper von der größten Wichtigkeit seyn, für verschiedene

1) Pogg. Ann. Bd. 97, S. 453.

2) Dove, Rep. Bd. IV, S. 146.

Substanzen, die kleinsten Dimensionen mit einander zu vergleichen, wobei sie eine Verminderung der Influenzelektricität verursachen, wenn sie zwischen bestimmte Körper, von denen der eine influenzierend auf den andern hinwirkt, gestellt werden, wenn nicht die Leitung der Elektricität an der Oberfläche jener Isolatoren diesen Versuch sehr ungewiß machte. Glas, Glimmer und Schellack, also drei der Körper, welche bei seinen Versuchen wider Faraday's Theorie beweisen sollten, leiten seines Erachtens an der Oberfläche die Elektricität besser als innerhalb derselben; bloß mit dem vierten, Guttapercha, sollte das Umgekehrte stattfinden. Ferner soll diese Leitung an der Oberfläche bei der möglichst großen Vorsicht in der Behandlung der isolirenden Scheiben nicht so constant zu bekommen seyn, daß nicht dieselbe Platte in verschiedenen Zeiten ein verschiedenes Resultat gäbe. Wenn die Leitung an der Oberfläche also mit der möglichst großen Vorsicht nicht constant zu erhalten, viel weniger zu vermeiden ist und wir hierbei bemerken, daß gerade die Leitung an der Oberfläche dazu beiträgt die bei nichtleitenden wahrnehmbaren Erscheinungen mit denjenigen, welche bei leitenden auftreten, übereinstimmend zu machen, so ist die Frage: Warum hat Riefs dieß bei der Erklärung dieser Erscheinungen nicht in Betracht gezogen? Daß durch Riefs's Erfolge Faraday's Theorie nicht widerlegt wird, erhellt noch mehr aus folgender Betrachtung.

Faraday fand für das spezifische Vertheilungsvermögen des Glases ungefähr 1,76, wenn der Zwischenraum der Metalle zu $\frac{2}{3}$ durch Glas eingenommen wurde. Nun waren die Metallscheiben, bei den von Riefs gemachten Versuchen, in einer Distanz von 36 Mm. von einander entfernt; während die Dicke der Scheiben, welche bei der ersten Reihe seiner Versuche eine Verminderung der Influenzelektricität verursachten, für die erste, eine Glasscheibe $1\frac{1}{2}$ Mm., und für die zweite, eine Glimmerplatte, $\frac{1}{10}$ Mm. betrug; so daß der Zwischenraum der Metallscheiben zu $\frac{1}{27}$ durch Glas und nur zu $\frac{1}{360}$ durch Glimmer eingenommen wurde.

Der
Mein
aben
bar
Vern
an d
man
scha
gen
Exp
hat,
wird

gem
in d
fest
mitt
von
war
das
Bec
ein
par
stel
kor
gel
tro
leit
gel
ge
Sc
an
vo
ein
wi
da

Der Einfluß, welchen beide Scheiben nach Faraday's Meinung, auf die Vermehrung der Influenzelektricität ausüben würden, mußte also sehr gering, ja vielleicht unmerkbar seyn und es ist mehr als wahrscheinlich, daß sie eine Verminderung nicht ersetzen konnten, welche durch Leitung an der Oberfläche hätte veranlaßt werden können. Wenn man mit einiger Gewisheit beurtheilen will, ob die Eigenschaft, welche Faraday specifisches Vertheilungsvermögen genannt hat, bestehe oder nicht, so muß man bei den Experimenten mehr Vorsicht beachten, als Riefs gethan hat, wie aus folgendem experimentellen Versuche erhellen wird.

II.

Der Apparat, mit welchem ich anfangs meine Versuche gemacht habe, stimmt mit jenem von Riefs überein; bloß in der Art, auf welche die zu untersuchende Scheibe befestigt war, wurde eine Aenderung gemacht. Diese wurde mittelst zweier seidenen Drähte aufgehängt an Haken von Ebonit, welche an einer seidenen Schnur befestigt waren, von der das eine Ende an einem Balken befestigt, das andere aber über eine Rolle geschlagen war. Der Beobachter konnte nun, mit der Schnur in der Hand, aus einer Entfernung von mehr als einem Meter von dem Apparate, die Bewegung der Scheibe ordnen und sich so stellen, daß er die Bewegung des Goldblattes deutlich sehen konnte. Nachdem die Scheibe *A* mit positiver Elektricität geladen und darnach die Scheibe *B* leitend mit dem Elektroskope in Verbindung gestellt worden war, wurde die nichtleitende Scheibe schnell zwischen die zwei Kupferscheiben gebracht und zugleich die Bewegung der Goldblätter wahrgenommen, welche mit den diesem Versuche unterworfenen Scheiben eine Vermehrung der Influenzelektricität auf *B* angaben, unbeschadet einer Ausnahme; eine Glasscheibe von 150 Mm. Durchmesser und $1\frac{1}{2}$ Mm. Dicke verursachte eine Verminderung der Influenzelektricität auf *B*. Nachher wurde der Knopf des Elektroskops leitend berührt und dann die Scheibe schnell entfernt. Wenn die hin- und

hergehenden Bewegungen der Scheibe so schnell als möglich sich folgten, so zeigte die entgegengesetzte Bewegung des Goldblattes bei letzterer im Allgemeinen eine Verminderung der Influenzelektricität auf *B* an; bloß in gewissen Fällen, besonders bei Glasscheiben, wurde auch dann, nach leitender Berührung des Elektroskops, bei der Entfernung der Scheibe eine Vermehrung wahrgenommen, in welchem Falle die zu untersuchende Scheibe immer negative Elektricität zeigte. War dieß letztere nicht der Fall, so wurde die nichtleitende Scheibe von Neuem zwischen die Kupferscheiben gebracht und wiederholt derselbe Versuch angestellt, wobei die Zeit notirt wurde, während welcher die nichtleitende Scheibe, nach der ersten Beobachtung, zwischen den Scheiben *A* und *B* gewesen war.

Es zeigte sich bald, daß Seidenfäden nicht hinlänglich isolirten; die nichtleitende Scheibe zwischen *A* und *B* gestellt, wurde in wenigen Secunden stark genug negativ elektrisch, um ein dem ersten entgegengesetztes Resultat zu geben.

Nachdem der Seidenfaden mit Schellack überzogen war, isolirte er besser; die hiermit erhaltenen Resultate stimmen überein mit denjenigen, deren wir späterhin erwähnen werden. Wir müssen hierbei jedoch bemerken, daß beim Schwingen der nichtleitenden Scheibe im Raum zwischen *A* und *B* das Goldblatt des Elektroskops auch eine schwingende Bewegung bekam, wie dieß schon von Knochenhauer beobachtet ward¹⁾; diese Erscheinung kann aber kein Urtheil veranlassen zum Vortheile irgend einer Theorie, so daß wir uns hierbei nicht aufzuhalten brauchen.

Um mehr Vorsicht beachten zu können, war es nöthig, dem Apparate eine andere Einrichtung zu geben. Diese besteht (Fig. 7, Taf. IV)²⁾ aus einem hölzernen Tische von 1,00 Meter in der Länge und 0,04 Meter in der Breite. Die Platte *Pq* stützt sich mit vier Stellschrauben auf einen Rahmen *MN*, der von vier Füßen getragen wird. Der vorragende Tischrand ist versehen mit einer tiefen Rinne,

1) Pogg. Ann. Bd. 51, S. 126.

2) Im Hefte V.

in welcher ein Glaskasten von 1 Meter in der Länge, 0,76 Meter in der Breite und 0,76 Meter in der Höhe einsinkt, indem die Rinne weiter angefüllt ist mit Quecksilber. Dieser Kasten ist zusammengesetzt aus fünf Platten von gut isolirendem Glase, welche mit den Rändern hermetisch an einander befestigt sind. Zwei Kupferscheiben *A* und *B*, 112 Mm. im Diameter, ruhen auf vertikal gestellten Stäben von Ebonit, von 11 Mm. im Diameter, deren Fußgestelle auf hölzernen Schiebern befestigt sind, welche gut schließend durch den Tischrand stecken. Mittelt der Knöpfe *a* und *b*, welche an diesen Schiebern, auf denen eine Theilung in Millimetern angebracht ist, befestigt sind, kann man die Entfernung der Scheiben willkürlich verändern, während sie immer parallel bleiben. Die Entfernung der Mittelpunkte dieser Scheiben von der Fläche des Tisches beträgt 0,4 Meter und jene von der nächsten gläsernen Seitenwand 0,22 Meter. Die einander zugewandten Oberflächen der Kupferscheiben sind nicht gefirnißt. Eine dritte Kupferscheibe *C* ruht gleichfalls auf einem isolirenden Stabe, dessen Fußgestell auch wieder auf dieselbe Art mittelst eines Knopfes *c* verschiebbar ist, so daß man es immer so einrichten kann, daß die Oberflächen *B* und *C* in der nämlichen Verticalebene liegen. Der Mittelpunkt der Scheibe *C* befindet sich in einer Entfernung von 0,215 Metern über der Tischfläche und ist 0,16 Meter von der nächsten Wand entfernt. Beide Scheiben *B* und *C* sind mittelst dünner Kupferdrähte, welche bei *e* und *e'* gut isolirt durch den Tischrand gebracht sind, leitend mit zwei Elektroskopen *E* und *E'* mit einer trockenen Säule nach Fechner's Einrichtung verbunden. Beide Elektroskope sind theilweise hinter einander auf einen Tisch gestellt und zwar das Elektroskop *E'*, das mit *C* in Verbindung steht, dem Beobachter am nächsten. Die Axe *dd'*, welche von hartem Holze gemacht ist und engschließend durch den Tischrand geht, trägt ein sectorförmiges Fußgestell, auf welchem senkrecht zu der Richtung der Axe ein Ebonitstab gestellt ist, so daß man diesen, mittelst des Knopfes *d*,

bewegen kann in einer vertikalen Ebene, parallel mit den Oberflächen der Kupferscheiben. Auf diesem Ebonitstab ist die Scheibe *D*, deren spezifisches Inductionsvermögen untersucht werden soll, so befestigt, daß sie leicht entfernt und von einer andern ersetzt werden kann. Der Ebonitstab ist nämlich oben ungefähr 2 Centm. tief cylindrisch ausgehöhlt, während die zu untersuchenden Scheiben versehen sind mit Glas- oder Ebonitstielen, welche genau in der cylindrischen Höhlung des Stabes passen.

An den Glasscheiben sind Glasstiele befestigt mittelst Schellack, welchem eine kleine Quantität Wachs hinzugefügt wurde. Man kann die Scheibe *D* einen willkürlichen Stand im Raum zwischen *A* und *D* einnehmen lassen, wobei man aber immer beachten muß, daß die Oberflächen parallel seyen und die Mittelpunkte in einer geraden Linie liegen. Dreht man den Knopf *d* in entgegengesetzter Richtung, so wird *D* auf dieselbe Weise hinsichtlich *C* gestellt, als im vorigen Stande in Hinsicht zu *B*. In der Nähe von *C* ist in der Tischplatte eine Oeffnung gemacht, welche hermetisch geschlossen werden kann; diese dient dazu die Scheibe *D* entfernen zu können und durch eine andere zu ersetzen. Nachher ist bei *f* ein Kupferstab *F* durch den Tischrand gebracht, welcher an beiden Enden kupferne Knöpfe trägt. Der Theil, welcher sich im Tischrande befindet, ist umgeben von einer ebonitenen Büchse, welche mit dem Stabe fest verbunden ist und sich in einer cylinderförmigen Hülse dreht. Der Stab ist so gebogen, daß man denselben durch einen Stiel von Ebonit, der sich bei *f* befindet, drehen kann, bis das eine Ende in leitende Verbindung mit der Scheibe *A* kommt. Hierdurch wird es möglich, die Scheibe *A* zu laden, ohne daß man den Glaskasten zu entfernen braucht. Endlich waren noch an den aufstehenden Rändern der Glashülle Schleifen von Leder als Handhaben befestigt; hierdurch wurde es erleichtert, die Hülle zu heben und unter diese ein paar hölzerne Stäbe zu schieben, um sie auf diese Weise entfernen zu können. Anfangs wurden die Versuche gemacht, ohne

daß
wurd
Rech
ter a
nau
mögl
für j
gere
dung
mit
nach
leite
gesc
wir
len,
des
stell
der
verl
den
in c
wur
auc
Sch
Es
zu
es
den
Nu
sch
im
wu
W
zu
bl
he
Se

daß der Apparat von der Glashülle bedeckt war. Hierbei wurde immer der Temperatur und dem Feuchtigkeitsgrade Rechnung getragen, so wie dieser von einem Haarhygrometer angegeben wurde. Den Scheiben *A*, *B* und *C* wurde genau der beschriebene Stand gegeben, während die Scheibe *D* möglichst weit von *A* und *B* entfernt wurde. Sie wurden für jeden Versuch mittelst eines Haarpinsels vom Staub gereinigt. Jetzt wurde der Knopf *f* in leitende Verbindung mit *A* gebracht und sodann in Verbindung gestellt mit dem geladenen Deckel des Elektrophors. Sogleich danach wurde die Verbindung mit *A* aufgehoben, der Knopf *f* leitend berührt und der Stab *F* auf die Tischfläche niedergeschlagen. Auf diese Weise war nun *A* geladen, so wie wir bei den folgenden Versuchen immer voraussetzen wollen, mit positiver Elektrizität, indem *B* indessen mittelst des Fadens *p* mit dem Boden in leitender Verbindung gestellt war. Sodann wurden die Scheiben *L* und *C* mittelst der Drähte *p* und *q* leitend mit den Elektroskopen *E* und *E'* verbunden und nun wurde erst ein Versuch angestellt über den Zustande der Scheibe *D* dadurch, daß man dieselbe in die Nähe von *C* brachte. War sie nicht neutral, so wurde sie entladen mittelst einer Spiritusflamme, so daß sie, auch noch einige Zeit nachher, keinen Einfluß auf die Scheibe *C* ausübte, wenn sie in deren Nähe bewegt wurde. Es gelang dennoch nicht die Scheibe *D* auf diese Weise zu entladen, ehe erst wieder die Scheibe *A* entladen war, es sey denn, daß ein metallener Schirm, der leitend mit dem Boden verbunden war, zwischen beide gestellt ward. Nun wurde die Scheibe *D* schleunigst in den Raum zwischen *A* und *B* gebracht und die Bewegung des Goldblattes im Elektroskope *E* wahrgenommen; sogleich hiernach wurde sie zurückgeschlagen, so daß sie jetzt auf dieselbe Weise in Betreff zu *C* gestellt war, als zuerst in Betreff zu *B*, und zu gleicher Zeit wurde der Stand des Goldblattes des Elektroskops *E'* beobachtet. Für diese hin- und hergehende Bewegung der Scheibe *D* waren kaum zwei Secunden nöthig. Sie wurde jetzt wieder in den Raum

zwischen *A* und *B* gebracht und dieser Versuch von Zeit zu Zeit wiederholt, wobei jedesmal dem Zeitpunkte Rechnung getragen wurde, an welchem dieses stattfand, vom Zeitpunkte der ersten Beobachtung an gerechnet. Die Scheibe *C* war immer mit dem empfindlichsten der zwei Elektroskope verbunden, während die Bewegung des Goldblattes mittelst eines Fernrohrs beobachtet wurde, welches so eingerichtet war, daß das Bild des Goldblattes zusammentraf mit dem Bilde einer getheilten Scale. Auf diese Weise würde es möglich gewesen seyn, aus der Größe der Abweichungen des Goldblattes auf diejenige des specifischen Inductionsvermögens der Substanz zu schließen, wenn die Scheibe *A* wenigstens immer eben so stark geladen würde. Es mag vielleicht späterhin von Wichtigkeit seyn, die Größe des specifischen Inductionsvermögens verschiedener Medien zu kennen; anfangs fand ich es bloß nöthig zu zeigen, daß es wirklich einen Unterschied im specifischen Inductionsvermögen bei verschiedenen Medien giebt und daß wir hierbei Rechnung tragen müssen den Erscheinungen, welche bei der Influenz-Wirkung wahrgenommen werden.

Sodann wurde der Versuch auf dieselbe Weise wiederholt, nachdem der Apparat von der Glashülle überdeckt war und die Luft durch Schwefelsäure und Chlorcalcium, das in gläsernen Schalen auf dem Tisch stand, getrocknet war. Das Chlorcalcium war, selbst nach einigen Wochen, kaum merkbar verändert, woraus folgt, daß das Innere des Apparates hinreichend von der Außenluft abgeschlossen war. Das Holz enthält aber immer feuchte Theile, infolge dessen es, auch dann, wenn es gut polirt ist, nicht gelingt in derartigen Apparaten die Luft absolut trocken zu erhalten. Anfangs habe ich auch darüber nachgedacht, die Tischplatte wegzunehmen und diese zu ersetzen durch eine Schublade, in welcher das Chlorcalcium und die Schwefelsäure gesetzt werden könnte; da aber dieses, wegen des unvermeidlichen Ziehen des Holzes eine

minder gute Schließung veranlassen könnte, unterließ ich es.

Um diese Versuche zu machen, wurde sehr viel Zeit erfordert. Nachdem die zu untersuchenden Scheiben mittelst einer Spiritusflamme vollkommen neutralisirt waren, wurden sie in Folge der unvermeidlichen Berührung bei der Stellung im Apparate regelmässig elektrisch. Ich muß hierbei noch bemerken, daß die Scheiben nie mit der Hand berührt wurden, ehe nicht diese mit einem Handtuch bedeckt war. Um zu verschiedenen Zeiten mit denselben Scheiben die nämlichen Resultate zu bekommen, schien es bald nöthig zu seyn, sogar dann, wenn die Scheibe in die Nähe von *C* gebracht, keine Elektrizität mehr zeigte, den Versuch noch einen Tag zu verschieben. Die Scheiben wurden nie unmittelbar, nachdem sie in den Apparat gestellt waren, untersucht; auch dann nicht, wenn sie neutral geblieben waren; dieser Versuch fand nicht vor dem folgenden Tage statt. Die Resultate findet man in den folgenden Tabellen. Spalte 1 giebt an, ob der Apparat bei dem Versuche nicht, oder wohl von der Glashülle überdeckt war; in Spalte 2 ist die Zeit angegeben, gerechnet von dem Augenblicke an, wo die neutrale nichtleitende Scheibe zuerst in den Raum zwischen *A* und *B* gebracht ward; in Spalte 3 ist die Temperatur in Graden Celsius und in Spalte 4 der Stand des Haarhygrometers angegeben zu den in Spalte 2 angegebenen Zeiten. Spalte 5 giebt an, ob bei der Stellung der Scheibe *D* in den Raum zwischen *A* und *B*, die Influenzelektrizität auf *B* vermehrt, vermindert oder nicht geändert wurde oder, wenn dies nicht der Fall war, mit welcher Elektrizität sie geladen ward. Die Entfernung der Scheiben *A* und *B* betrug 36 Mm.; die von der Mitte der Scheibe *D* bis zu *A* 24 Mm. und zu *B* 12 Mm.

A.

Schellackscheibe. Durchm. = 120^{mm}. Dicke = 2^{mm}.

1.	2. Zeit	3. Therm.	4. Hygr.	5. Influenz-Elek- tricität auf B	6. Elektr. Zust. der Scheibe D
I. In nicht trockner Luft	0 m. 5 "	19° C. "	39° "	vermehrt "	neutr. pos.
II. In trock- ner Luft	0 " 90 " 4 u.	15½° 18°	7½° 8°	" " "	neutr. pos. "

Der Versuch wurde aufs Neue mit derselben Scheibe vorgenommen, mit dieser Aenderung aber, daß die Scheibe D gerade in die Mitte zwischen A und B gestellt wurde.

B.

Schellackscheibe. Durchm. = 120^{mm}. Dicke = 2^{mm}.

1.	2. Zeit	3. Therm.	4. Hygr.	5. Influenz-Elek- tricität auf B	6. Elektr. Zust. der Scheibe D
I. In nicht trockner Luft	0 m. 2 " 15 " 20 "	21° C. " " "	35° " " "	vermehrt " vermind.-ver- mehrt vermindert	neutr. neg. " "
II. In trock- ner Luft	0 " 50 " 3 u. 4 " 5½ "	15 16 " 15 "	15½ 15 " " "	vermehrt " " vermind.-ver- mehrt vermindert	neutr. neg. " " "

Diese Tabellen geben eine hinreichende Uebersicht über den Lauf der Versuche. Nachdem die Scheibe fürs erste in den Raum zwischen A und B gebracht, wurde sie gleich zurückgeschlagen, um ihren Zustand mittelst der Scheibe C zu untersuchen; danach wurde sie unmittelbar in ihren

ersten Stand zurückgebracht. Diese Versuche wurden anfangs oft wiederholt bis die Scheibe negativ elektrisch geworden war, was in nicht trockener Luft bisweilen nach einer $\frac{1}{2}$ Minute schon der Fall war; hierauf fand es ungefähr jede 3 Minuten statt. In trockner Luft wurde es alle 5 Minuten wiederholt. Aus dem ersten Versuche zeigte sich also ungefähr, wann die Scheibe *D* elektrisch geworden war und auch wann sie eine Verminderung der Influenzelektricität auf *B* verursachte. Dieselbe Scheibe wurde jetzt noch einmal auf ähnliche Weise untersucht, mit diesem Unterschiede aber, daß sie so lang wie möglich in den Raum zwischen *A* und *B* gelassen wurde. Bloß nach den Zeitpunkten, in welchen nach dem ersten Versuche eine Veränderung in dem Zustand der Scheibe *D* oder eine Verminderung der Influenzelektricität auf *B* zu erwarten war, wurde der Versuch öfters wiederholt.

Aus Tabelle *A* zeigt sich noch, daß die Scheibe *D* positiv elektrisch wurde, wenn die Entfernung von der Scheibe *A* 24 Mm. und die von *B* 12 Mm. betrug. War der Apparat nicht von der Glashülle überdeckt, so fand dies schon statt nach 5 Minuten; in trockner Luft blieb sie während 1½ Stunden neutral. Es versteht sich, daß sie danach eine Vermehrung der Influenzelektricität auf *B* verursachen mußte, so daß eine Fortsetzung des Versuchs nicht nothwendig war. Bei den folgenden Versuchen wurden die zu untersuchenden Scheiben jedesmal in die Mitte zwischen *A* und *B*, deren gegenseitige Entfernung immer 36 Mm. betrug, gestellt. Nach einiger Zeit ergab sich, daß sie in der Nähe von *C* gebracht, negativ elektrisch geworden waren; denn das Goldblatt des Elektroskops *E* näherte sich dem positiven Pole, erst, obgleich mit dem Fernrohr wahrgenommen, kaum merkbar, aber die Abweichung nahm allmählig zu. Die Scheibe wurde, nach Tabelle *B*, in nicht trockner Luft schon nach 2 Minuten negativ elektrisch. Obgleich die Scheibe danach negativ war, gab sie, in den Raum zwischen *A* und *B* gebracht, dennoch eine Vermehrung der Influenzelektricität auf *B*; das

Goldblatt wich dann noch ab nach dem negativen Pole, während eine entgegengesetzte Bewegung bei der Entfernung der Scheibe wahrgenommen wurde. Beide Abweichungen wurden allmählig kleiner, bis in einem gewissen Augenblick keine Abweichung wahrgenommen wurde; hiermit bekam der Einfluss der negativen Elektricität auf der Scheibe *D* bei der gleichzeitigen Verminderung der Ladung auf *A* die Oberhand bis sie, in den Raum zwischen *A* und *B* gebracht, Verminderung der Influenzelektricität auf *B* verursachte. In feuchter Luft fand dieses schon statt nach 20 Min., in trockner Luft erst nach mehr als 5 Stunden. Wenn die zu untersuchende Scheibe schon ziemlich stark negativ elektrisch geworden war, beobachtete man, bei der Näherung der Scheibe zu dem Raum zwischen *A* und *B*, wenn sich nur ein Theil der Scheibe in jenem Raum befand, eine Verminderung der Influenzelektricität auf *B*; wenn aber bei der weiteren Bewegung der Scheibe ein größerer Theil in jenen Raum kam, so folgte darauf eine Vermehrung. Die Bewegung des Goldblattes des Elektroskops *E* nach dem positiven Pole war erst kleiner, wurde danach gleich und endlich größer als die entgegengesetzte Bewegung, welche unmittelbar darauf folgte, bis später allein eine Abweichung nach dem positiven Pole wahrgenommen wurde, welches eine Verminderung der Influenzelektricität anzeigte. Diese schwingende Bewegung des Goldblattes, bei welcher beide Abweichungen fast gleich groß waren, wurde in trockner Luft, wie aus der Tabelle *B* erhellt, nach 4 Stunden wahrgenommen.

Der Stab, auf welchen die zu untersuchende Scheibe gestellt war, wurde, wenn die Scheibe, wie bei unserem Versuche, in die Mitte zwischen *A* und *B* gestellt war, immer negativ elektrisch. Hierdurch kann folglich nie eine Vermehrung der Influenzelektricität auf *B* veranlasst werden; eher kann dieß eine Verminderung veranlassen, als sonst der Fall würde gewesen seyn. In nicht trockner Luft isolirte ein mit Schellack überzogener Seidenfaden am besten; dieses aber konnte im Apparate, mit der Glocke

über
zahl
aber
eine
zog
viel
war
isoli
stäb
fang
rüh
daß
über
Gla
Zer
sich
wie
und
nöth
nom
stat

I.
tro
II.
f

1)

überdeckt, nicht benutzt werden. Ich habe hernach eine Anzahl gefirnifster gläserner Röhren untersucht; es gelang mir aber nicht, diese hinreichend isolirend zu bekommen. Wenn eine Glasröhre mit einer dickeren Schicht Schellack überzogen wurde, so bekam letzterer in trockner Luft bald so viel Risse, daß das isolirende Vermögen stark vermindert wurde. Riefs sah dieselben Schwierigkeiten, als er nach isolirenden Stäbchen für Probescheibchen suchte¹⁾. Glasstäbe mit geschmolzenem Schellack überzogen isolirten anfangs zwar besser als gefirnifste, aber bei der leisesten Berührung mit einem elektrischen Körper ergab es sich doch, daß sie elektrisch waren. Eine Glasröhre mit Paraffin überzogen, erhielt sich nicht besser als eine gefirnifste Glasröhre und ein Stab von Schellack war wegen seiner Zerbrechlichkeit nicht zu benutzen. Ein Ebonitstab schien sich noch am besten zu bewähren, wenn dieser wenigstens wiederholt behandelt wurde mit gewöhnlicher Magnesia und Schwefelkohlenstoff. Dieses letztere war besonders nöthig, wenn die Versuche in nicht trockner Luft vorgenommen wurden, nachdem dieses erst in trockner Luft stattgefunden hatte.

Folgende Tabelle enthält die Resultate dieses Versuchs.

C.

Schellackscheibe. Durchm. = 80^{mm}. Dicke = 2^{mm}.

1.	2. Zeit	3. Therm.	4. Hygr.	5. Influenz-Elek- tricität auf B	6. Elektr.Zust. der Scheibe D
I. In nicht trockner Luft	0 m. 1½ "	23° C. "	35° "	vermehrt "	neutr. neg.
	15 "	"	"	vermindert	"
II. In trockner Luft	0 "	20°	10°	vermehrt	neutr.
	40 "	"	"	"	neg.
	7 u.	"	"	vermindert	"

1) Riefs, Reibungselekt. S. 130.

D.

Paraffinscheibe. Durchm. = 156^{mm}. Dicke = 10^{mm}.

1.	2. Zeit	3. Therm.	4. Hygr.	5. Influenz-Elek- tricität auf B	6. Elektr. Zust. der Scheibe D
I. In nicht trockner Luft	0 m.	19° C.	39°	vermehrt	neutr.
	2 "	"	"	"	neg.
	95 "	"	"	vermind.-ver- mehrt	"
	120 "	"	"	vermindert	"
II. In trock- ner Luft	0 "	15½	9½	vermehrt	neutr.
	30 "	16	10	"	neg.
	4 u.	17	11	"	"
	6 "	"	"	vermind.-ver- mehrt	"
	6 u. 40m.	"	"	vermindert	"

E.

Paraffinscheibe. Durchm. = 112^{mm}. Dicke = 12^{mm}.

1.	2. Zeit	3. Therm.	4. Hygr.	5. Influenz-Elek- tricität auf B	6. Elektr. Zust. der Scheibe D
I. In nicht trockner Luft	0 m.	24° C.	35°	vermehrt	neutr.
	1½ "	"	"	"	neg.
	105 "	"	"	vermind.-ver- mehrt	"
	135 "	"	"	vermindert	"
II. In trock- ner Luft	0 "	24½	13	vermehrt	neutr.
	25 "	"	"	"	neg.
	6 u.	17	12	vermind.-ver- mehrt	"
	6 u. 30m.	"	"	vermindert	"

F.

Paraffinscheibe. Durchm. 150^{mm}. Dicke = 5^{mm}.

1.	2. Zeit	3. Therm.	4. Hygr.	5. Influenz-Elek- tricität auf B.	6. Elektr. Zust. der Scheibe D
I. In nicht trockner Luft	0 m. 1½ "	24° C. "	35° "	vermehrt "	neutr. neg.
	85 "	"	"	vermind.-ver- mehrt	"
	100	"	"	vermindert	"
II. In trock- ner Luft	0 "	18	9°	vermehrt	neutr.
	20 "	"	"	"	neg.
	5 u. 30 m.	"	"	vermindert	"

G.

Ebonitscheibe. Durchm. 154^{mm}. Dicke = 2^{mm}.

1.	2. Zeit	3. Therm.	4. Hygr.	5. Influenz-Elek- tricität auf B.	6. Elektr. Zust. der Scheibe D
I. In nicht trockner Luft	0 m. ½ "	24° C. "	36° "	vermehrt "	neutr. neg.
	3 "	"	"	vermindert	"
II. In trock- ner Luft	0 "	14½	8	vermehrt	neutr.
	6 "	"	"	"	neg.
	1 u.	15	9	vermind.-ver- mehrt	"
	2 u. 30 m.	"	"	vermindert	"

H.

Schwefelscheibe. Durchm. = 165^{mm}. Dicke = 3^{mm}.

1.	2. Zeit	3. Therm.	4. Hygr.	5. Influenz-Elek- tricität auf B	6. Elektr. Zust. der Scheibe D
I. In nicht trockner Luft	0 m.	23° C.	35°	vermehrt	neutr.
	1 "	"	"	"	neg.
	21 "	"	"	vermindert	"
II. In trock- ner Luft					
	0 "	21	11	vermehrt	neutr.
	20 "	"	"	"	neg.
	3 u.	"	"	vermindert	"

J.

Glasscheibe. Durchm. = 50^{mm}. Dicke = 1 $\frac{3}{4}$ ^{mm}.

1.	2. Zeit	3. Therm.	4. Hygr.	5. Influenz-Elek- tricität auf B	6. Elektr. Zust. der Scheibe D
I. In nicht trockner Luft	0 m.	18 $\frac{1}{4}$ ° C.	40°	unverändert	neutr.
	1 "	"	"	vermindert	neg.
II. In trock- ner Luft					
	0 "	18	10 $\frac{1}{2}$	vermehrt	neutr.
	1 "	"	"	unverändert	neg.
	1 $\frac{1}{4}$ "	"	"	vermindert	"

K.

Glasscheibe. Durchm. = 80^{mm}. Dicke = 1 $\frac{1}{2}$ ^{mm}.

1.	2. Zeit	3. Therm.	4. Hygr.	5. Influenz-Elek- tricität auf B	6. Elektr. Zust. der Scheibe D
I. In nicht trockner Luft	0 m.	24° C.	34°	vermehrt	neutr.
	$\frac{1}{2}$ "	"	"	vermind.-ver- mehrt	neg.
	10 "	"	"	vermindert	"
II. In trock- ner Luft	0 "	15	8	vermehrt	neutr.
	$\frac{1}{2}$ "	"	"	"	neg.
	8 "	"	"	vermind.-ver- mehrt	"
	18 "	"	"	vermindert	"

L.

Glasscheibe. Durchm. = 110^{mm}. Dicke = 1 $\frac{1}{2}$ ^{mm}.

1.	2. Zeit	3. Therm.	4. Hygr.	5. Influenz-Elek- tricität auf B.	6. Elektr. Zust. der Scheibe B
I. In nicht trockner Luft	0 m.	24° C.	36°	vermehrt	neutr.
	$\frac{1}{2}$ "	"	"	"	neg.
	8 "	"	"	vermindert	"
II. In trock- ner Luft	0 "	17	7	vermehrt	neutr.
	$\frac{1}{2}$ "	"	"	"	neg.
	50 "	"	"	vermindert	"

*L.*Gefirnifste Glasscheibe. (Dieselbe Scheibe *L.*)

1.	2. Zeit	3. Therm.	4. Hygr.	5. Influenz-Elek- tricität auf <i>B</i>	6 Elektr. Zust. der Scheibe <i>D</i>
I In nicht trockner Luft	0 m.	23° C.	36°	vermehrt	neutr.
	$\frac{1}{2}$ "	"	"	"	neg.
	16	"	"	vermindert	"
II. In trock- ner Luft	0 "	14	7 $\frac{1}{2}$	vermehrt	neutr.
	$\frac{1}{2}$ "	"	"	"	neg.
	2 u.	"	"	vermindert	"

*M.*Glasscheibe. Durchm. = 130^{mm}. Dicke = 1 $\frac{1}{2}$ ^{mm}.

1.	2. Zeit	3. Therm.	4. Hygr.	5. Influenz-Elek- tricität auf <i>B</i>	6. Elektr. Zust. der Scheibe <i>D</i>
I. In nicht trockner Luft	0 m.	24° C.	34° C.	vermind.-ver- mehrt	neg.
	1 "	"	"	vermind.-ver- mehrt	"
	6 "	"	"	vermindert	"
II. In trock- ner Luft	0 "	19	12	vermehrt	neutr.
	$\frac{1}{2}$ "	"	"	"	neg.
	25 "	"	"	vermindert	"

N.

Glasscheibe. Durchm. = 150^{mm}. Dicke = 1½^{mm}.

1.	2. Zeit	3. Therm.	4. Hygr.	5. Influenz-Elek- tricität auf B	6. Elektr. Zust. der Scheibe D
I. In nicht trockner Luft	0 m.	24° C.	34°	vermindert]	neg.
II. In trock- ner Luft	0 "	17	12	vermehrt	natr.
	½	"	"	1.4	neg.
	3	"	"	vermindert]	"

O.

Micascheibe. Durchm. = 155^{mm}. Dicke = ½^{mm}.

1.	2. Zeit	3. Therm.	4. Hygr.	5. Influenz-Elek- tricität auf B.	6. Elektr. Zust. der Scheibe D
I. In nicht trockner Luft	0 m.	24° C.	36°	vermindert	neg.
II. In trock- ner Luft	0 "	18	10	unverändert	neg.
	4 sec.	"	"	vermindert	"

Außer diesen Scheiben habe ich noch verschiedene andere untersucht; allein ich finde es nicht nöthig, die Tabellen zu vermehren, da die Resultate ganz mit den oben mitgetheilten übereinstimmen. Ich habe bloß die mit den Glasscheiben *I*, *K*, *L*, *M* und *O* erhaltenen Resultate mitgetheilt, weil diese alle aus einem selben Stück Glas geschnitten sind, von welchen auch eine der Glasscheiben meiner Holtz'schen Maschine, welche sehr gut wirkt, gemacht ist. Die Versuche in nicht trockner Luft wurden vorgenommen bei heiterem Winterwetter, in einem gut erwärmten Zimmer, folglich unter den günstigsten Umständen von Temperatur und Feuchtigkeitszustand. Aus diesem Versuche erhellt, daß die Resultate in hohem Maasse abhängig sind von den Dimensionen der Scheiben, wenn die Leitung an der Oberfläche groß ist.

Gern hätte ich den Versuch mit Ebonitscheiben weiter fortgesetzt; allein die Scheiben, welche ich mir verschaffte, enthielten immer Metalltheile, vielleicht Sb_2 , S_3 .

Die schwingende Bewegung des Goldblattes im Elektroskop, bei der Bewegung der Scheibe *D* nach dem Raum zwischen *A* und *B*, wurde nur wahrgenommen, wenn diese Scheibe eine elektrische Ladung bekommen hatte. Die Glasscheiben *K*, *L*, *M* und *N* und die Glimmerscheibe *O* verursachten diese Erscheinung schon bei dem ersten Versuche; wurde die Scheibe nun zurückgeschlagen und nach *C* gebracht, so ergab sich, daß sie schon ziemlich stark negativ elektrisch war. In trockner Luft wurde diese schwingende Bewegung des Goldblattes nie bei dem ersten Versuche wahrgenommen, als bloß mit einer Glasscheibe, welche an der einen Seite mit Folie bedeckt war und wovon sich später zeigte, daß nach Entfernung der Folie das Glas stark leitend war; dieses zeigte in trockner Luft schon bei dem ersten Versuche dieselbe Erscheinung wie die oben erwähnten Scheiben in feuchter Luft. Bei all den anderen Scheiben wurde dies erst wahrgenommen, nachdem sie während kürzerer oder längerer Zeit in dem Raum zwischen *A* und *B* gewesen waren.

Aus dem Vorhergehenden leuchtet deutlich ein, daß diese Erscheinung, in welcher Riefs, wie schon früher erwähnt, einen Beweis wider Faraday's Theorie zu finden glaubte, bloß die Folge der Ladung ist, welche die Scheibe durch die Leitung an der Oberfläche erhält, so daß es wirklich nichts wider diese Theorie beweist. Eine andere Erscheinung, nämlich: daß einzelne der zu untersuchenden Scheiben schon bei dem ersten Versuche in nicht trockner Luft, keine Vermehrung der Influenzelektricität verursachten, was nach Riefs ein entscheidender Beweis gegen Faraday's Theorie seyn würde, muß offenbar derselben Ursache zugeschrieben werden, so daß wirklich in Riefs's Abhandlungen nicht allein kein einziger Beweis wider jene Theorie zu finden ist, sondern die Anschauungsweise von Riefs ganz unzulänglich ist, derartige Erscheinungen zu erklären. Wenn jedoch diese Erscheinungen der Leitung zugeschrieben werden müssen, so müssen die Scheiben, sowohl die von Schellack als von Glas, in solch einem großen Maasse leitend seyn, daß eine Trennung sowohl als eine Vereinigung positiver als negativer Elektricität in einem unermesslich kleinen Augenblicke zu Stande kommen kann, während es bei der ersten eine halbe Stunde, bei der zweiten kaum eine halbe Minute dauert, ehe ein Uebermaass negativer Elektricität vorhanden ist, obgleich sie unter denselben Umständen und auf eben dieselben isolirende Stäbe gestellt waren. Hätte Riefs bei seinen Versuchen mehr Vorsorge beachtet und auch die Dauer der Versuche in Rechnung gebracht, so würde er darin allerdings eine Bestätigung von Faraday's Theorie gefunden haben; so würde er Vieles, was in seinen späteren Abhandlungen als weniger genau betrachtet werden muß, vermieden haben.

Nachdem die verschiedenen gegen Faraday's Theorie erwähnten Bedenken widerlegt sind, bleibt uns noch zu untersuchen übrig, ob die Resultate unserer experimentellen Versuche ganz in Uebereinstimmung sind mit jenem Theile dieser Theorie, welcher sich auf das specifische Inductionsvermögen der Körper bezieht. Daß die Scheibe *D*, in

den Raum zwischen *A* und *B* gebracht, so lange sie neutral ist oder auch nachdem allmählig eine Trennung von Elektrizität stattgefunden hat, so daß die eine Seite negativ und die andere eben so stark positiv geworden ist, eine Vermehrung der Influenzelektrizität veranlassen muß, in der Voraussetzung, daß ihr spezifisches Inductionsvermögen größer sey, als jenes der Luft, bedarf keines Beweises. Aber auch dann, wenn die nach *A* zugewandte Seite der Scheibe, welche wir *a* nennen wollen, mehr negative Elektrizität enthält als die andere Seite *b* positive, oder auch in der Annahme, daß die Seite *a* negativ, die Seite *b* neutral sey, wird sie, dieser Theorie nach, anfangs eine Vermehrung der Influenzelektrizität verursachen müssen und zwar so lange, bis die negative Ladung auf *a* eine gewisse GröÙe erreicht hat. Denn nehmen wir an, daß die erste Schicht Moleküle auf der Seite *a*, welche die Luftmoleküle begränzt, mehr negative als positive Elektrizität enthält, so wird letztere, nachdem unter dem Einflusse der positiven Elektrizität auf *A* in diesen Molekülen eine Trennung von Elektrizität stattgefunden hat, vertheilend auf die Moleküle in einer folgenden Schicht einwirken und so weiter, bis endlich die der letzten Schicht an der Oberfläche *b* vertheilend auf die Luftmoleküle einwirkt; und nun ist es sehr wohl möglich, daß diese Wirkung stärker ist als sie seyn würde, wenn die Scheibe nicht vorhanden und durch Luftmoleküle ersetzt wäre. Wenn die Quantität negativer Elektrizität an der Oberfläche *a* zunimmt, so wird die vertheilende Wirkung auf die folgenden Moleküle und folglich auch die auf die erste Schicht Luftmoleküle zwischen *D* und *B*, abnehmen, bis diese letztere endlich kleiner wird als sie seyn würde in dem Fall, daß *D* durch Luftmoleküle ersetzt wäre; sodann wird der Einfluß von *D* eine Verminderung der Influenzelektrizität auf *B* hervorbringen. Faraday's Theorie wird durch unseren experimentellen Versuch so überzeugend bestätigt, daß ein weiterer Versuch eigentlich überflüssig ist. Riefs hat aber nicht allein den Dimensionen der zu untersuchenden Scheiben einen gro-

ßen Einfluß zugeschrieben, sondern auch denen der metallenen Conductoren, zwischen welche diese Scheiben gestellt waren. Daß der Einfluß der Form und die Dimensionen der zu untersuchenden Scheiben bedeutend ist, besonders bei Scheiben, bei denen man eine starke Leitung an der Oberfläche beobachtet, erhellt schon aus dem Versuche mit den Glasscheiben. Bei dem Versuche der Scheibe *N*, welche den größten Durchmesser hatte, wurde in nicht trockner Luft schon bei dem ersten Versuche und in trockner Luft viel eher als bei den anderen Scheiben, eine Verminderung wahrgenommen, obgleich die Glasscheiben aus einer selben Glasplatte geschnitten waren. Um auch den Einfluß der Form des Conductors zu untersuchen, habe ich in meinem Apparate die Kupferscheiben *A* und *B* ersetzt durch Messingkugeln, welche wir auch *A* und *B* nennen wollen, deren Durchmesser 50 Mm. betrug und welche so gestellt waren, daß die Entfernung der Mittelpunkte 50 Mm. war; die Linie, welche die Mittelpunkte der Kugeln vereinigte, war senkrecht gerichtet auf die Mitte der zu untersuchenden Scheiben, welche gleich weit von den Oberflächen beider Kugeln entfernt war. Noch muß ich bemerken, daß die Versuche sowohl in nicht trockner, als in trockner Luft mit dem mittelst der Glashülle überdeckten Apparate vorgenommen werden mußten. Der Versuch fand nämlich in den Monaten Juli und August des vergangenen Jahres statt und während dieser Zeit stand das Haarhygrometer immer über 50°. Dadurch daß man das Zimmer bis auf eine Temperatur von 30° C. erwärmte, wurde zwar der Stand des Hygrometers bis auf 46° zurückgebracht, aber auch dann noch waren die Glasscheiben und auch etliche andere schon negativ elektrisch, wenn sie sich dem Raume zwischen den Conductoren *A* und *B* näherten und bevor sie den bestimmten Stand eingenommen hatten. Dadurch, daß man in dem überdeckten Apparate eine kleine Quantität Schwefelsäure stellte und die Oeffnung, welche sich in dem Tische bei *C* befindet, nur theilweise verschloß, gelang es, den Feuchtigkeitszu-

stand im Apparate sehr genau übereinstimmend zu machen mit demjenigen, bei welchem die vorigen Versuche vorgenommen sind.

Die Resultate dieses Versuchs findet man in den folgenden Tabellen.

A'.

Schellackscheibe. Durchm. = 124^{mm}. Dicke = 4^{mm}.

1.	2. Zeit	3. Therm.	4. Hygr.	5. Influenz-Elek- tricität auf B.	6. Elektr. Zust. der Scheibe D
I. In nicht trockner Luft	0 m.	24° C.	34°	vermehrt	neutr.
	4 "	"	"	"	neg.
	21 "	"	"	vermindert	"
II. In trock- ner Luft	0 "	24	5	vermehrt	neutr.
	8 "	"	"	"	neg.
	60 "	"	"	vermindert	"

C.

Schellackscheibe. Durchm. = 80^{mm}. Dicke = 2^{mm}.

1.	2. Zeit	3. Therm.	4. Hygr.	5. Influenz-Elek- tricität auf B.	6. Elektr. Zust. der Scheibe D
I. In nicht trockner Luft	0 m.	24° C.	35°	vermehrt	neutr.
	5 "	"	"	"	neg.
	21 "	"	"	vermindert	"
II. In trock- ner Luft	0 "	24	3	vermehrt	neutr.
	15 "	"	"	"	neg.
	60 "	"	"	vermind. - ver- mehrt	"
	85 "	"	"	vermindert	"

D.

Paraffinscheibe. Durchm. = 156^{mm}. Dicke = 10^{mm}.

1.	2. Zeit	3. Therm.	4. Hygr.	5. Influenz-Elek- tricität auf B.	6. Elektr. Zust. der Scheibe D
I. In nicht trockner Luft	0 m.	25°C.	39	vermehrt	neutr.
	4 "	"	"	"	neg.
	20 "	"	"	vermind.-ver- mehrt	"
	25 "	"	"	vermindert	"
II. In trock- ner Luft	0 "	25	3	vermehrt	neutr.
	9 "	"	"	"	neg.
	30 "	"	"	vermind.-ver- mehrt	"
	85 "	"	"	vermindert	"

E.

Paraffinscheibe. Durchm. = 112^{mm}. Dicke = 12^{mm}.

1.	2. Zeit	3. Therm.	4. Hygr.	5. Influenz-Elek- tricität auf B	6. Elektr. Zust. der Scheibe D
I. In nicht trockner Luft	0 m.	24°C.	35°	vermehrt	neutr.
	5½ "	"	"	"	neg.
	35 "	"	"	vermindert	"
II. In trock- ner Luft	0 "	20	5	vermehrt	neutr.
	7 "	"	"	"	neg.
	110 "	"	"	vermindert	"

F.

Paraffinscheibe. Durchm. 150^{mm}. Dicke = 5^{mm}.

1.	2. Zeit	3. Therm.	4. Hygr.	5. Influenz-Elek- tricität auf B	6. Elektr. Zust. der Scheibe D
I. In nicht trockner Luft	0 m.	24°C.	36°	vermehrt	neutr.
	5 "	"	"	"	neg.
	23 "	"	"	vermindert	"
II. In trock- ner Luft	0 "	24	3	vermehrt	neutr.
	20 "	"	"	"	neg.
	65 "	"	"	vermindert	"

G.

Ebonitscheibe. Durchm. = 154^{mm}. Dicke = 2^{mm}.

1.	2. Zeit	3. Therm.	4. Hygr.	5. Influenz-Elek- tricität auf B	6. Elektr. Zust. der Scheibe D
I. In nicht trockner Luft	0 m.	24°C.	35°	vermehrt	neutr.
	$\frac{1}{2}$ "	"	"	"	neg.
	1 $\frac{1}{2}$ "	"	"	vermindert	"
II. In trock- ner Luft	0 "	20	7	vermehrt	neutr.
	2 "	"	"	"	neg.
	5 "	"	"	vermindert	"

*H'.*Schwefelscheibe. Durchm. = 154^{mm}. Dicke = 4^{mm}.

1.	2. Zeit	3. Therm.	4. Hygr.	5. Influenz-Elek- tricität auf <i>B</i>	6. Elektr. Zust. der Scheibe <i>D</i>
I. In nicht trockner Luft	0 m.	24°C.	34°	vermehrt	neutr.
	1 "	"	"	"	neg.
	11 "	"	"	vermindert	"
II. In trock- ner Luft	0 "	20°	7	vermehrt	neutr.
	12 "	"	"	"	neg.
	18 "	"	"	vermind.-ver- mehrt	"
	25 "	"	"	vermindert	"

*J.*Glasscheibe. Durchm. = 50^{mm}. Dicke = 1³/₂^{mm}.

1.	2. Zeit	3. Therm.	4. Hygr.	5. Influenz-Elek- tricität auf <i>B</i>	6. Elektr. Zust. der Scheibe <i>D</i>
I. In nicht trockner Luft	0 m.	24°C.	35°	vermehrt	neg.
	5 sec.	"	"	vermindert	"
II. In trock- ner Luft	0 "	23	6	vermehrt	neutr.
	1 "	"	"	"	neg.
	2 "	"	"	vermindert	"

K.

Glasscheibe. Durchm. = 80^{mm}. Dicke = 1½^{mm}.

1.	2. Zeit	3. Therm.	4. Hygr.	5. Influenz-Elek- tricität auf B	6. Elektr. Zust. der Scheibe D
I. In nicht trockner Luft	0 m.	24° C.	35°	vermind. - ver- mehrt	neg.
	5 sec.	"	"	vermindert	"
II. In trock- ner Luft	0 "	20	7	vermehrt	neutr.
	½ "	"	"	"	neg.
	1½ "	"	"	vermindert	"

L.

Glasscheibe. Durchm. = 110^{mm}. Dicke = 1½^{mm}.

1.	2. Zeit	3. Therm.	4. Hygr.	5. Influenz-Elek- tricität auf B	6. Elektr. Zust. der Scheibe D
I. In nicht trockner Luft	0 m.	24° C.	33°	vermindert	neg.
II. In trock- ner Luft	0 "	21	6	vermehrt	neutr.
	½ "	"	"	"	neg.
	1 "	"	"	vermindert	"

*L'.*Gefirnifste Glasscheibe. (Dieselbe Scheibe *L.*)

1.	2. Zeit	3. Therm.	4. Hygr.	5. Influenz-Elek- tricität auf <i>B</i>	6. Elektr. Zust. der Scheibe <i>D</i>
I. In nicht trockner Luft	0 m.	24° C.	35°	unverändert	neg.
	$\frac{1}{2}$ "	"	"	vermindert	"
II. In trock- ner Luft	0 "	20°	7	vermehrt	neutr.
	$\frac{1}{2}$ "	"	"	"	neg.
	2 "	"	"	vermindert	"

*M.*Glasscheibe. Durchm. = 130^{mm}. Dicke = 1 $\frac{1}{2}$ ^{mm}.

1.	2. Zeit	3. Therm.	4. Hygr.	5. Influenz-Elek- tricität auf <i>B</i>	6. Elektr. Zust. der Scheibe <i>D</i>
I. In nicht trockner Luft	0 m.	24° C.	35°	vermindert	neg.
II. In trock- ner Luft	0 "	22°	7	vermehrt	neutr.
	$\frac{1}{2}$ "	"	"	vermindert	neg.

N.

Glasscheibe. Durchmesser = 150^{mm}. Dicke 1 $\frac{1}{2}$ ^{mm}.

1.	2. Zeit	3. Therm.	4. Hygr.	5. Influenz-Elek- tricität auf B	6. Elektr. Zust. der Scheibe D
I. In nicht trockner Luft	0 m.	25° C.	35°	vermindert	neg.
II. In trock- ner Luft	0 "	22	6	unverändert	neutr.
	$\frac{1}{2}$ "	"	"	vermindert	neg.

O.

Glimmerscheibe. Durchm. = 155^{mm}. Dicke = $\frac{1}{2}$ ^{mm}.

1.	2. Zeit	3. Therm.	4. Hygr.	5. Influenz-Elek- tricität auf B	6. Elektr. Zust. der Scheibe D
I. In nicht trockner Luft	0 m.	25° C.	34°	vermindert	neg.
II. In trock- ner Luft	0 "	24	7	vermindert	neg.

Aus diesem Versuche leuchtet ein, daß Riefs mit Recht der Form des Conductors einen bestimmten Einfluß zugeschrieben hat. In nicht trockner Luft waren auch jetzt noch die Glasscheiben *L*, *M* und *C* schon negativ elektrisch, ehe sie den Raum zwischen *A* und *B* erreicht hatten, in Folge dessen sie schon sogleich eine Verminderung der Influenzelektricität auf *B* verursachten. Auch die anderen Scheiben bewirkten in kürzerer Zeit eine Verminderung der Influenzelektricität auf *B* als bei dem vorigen Versuche, bei dem die Conductoren Scheiben waren.

Ferner war bei dem Versuche mit kugelförmigen Conductoren die Vermehrung der Influenzelektricität auf *B*,

wenn
und
Dafs
D
gens
dafs
sind,
Ist d
als j
Vers
zahl
der
der
selbe
bei d
mige
tend
Wenn
das s
const
ist,
inden
bring
verm
Raum
Falle
doch
nun o
kugel
förm
Influ
tende
D
wenig
an d
Dafs
wird

wenn die nichtleitenden Scheiben in den Raum zwischen *A* und *B* gebracht wurden, viel kleiner als bei dem ersten. Daß dieß der Fall seyn mußte, ist nicht schwer zu zeigen.

Die Verstärkungszahl eines Condensators ist unter übrigen gleichen Bedingungen bedeutend kleiner für den Fall, daß die Leiter Kugeln von bestimmtem Durchmesser sind, als wenn sie Scheiben desselben Durchmessers sind. Ist der Durchmesser der Scheiben nun beträchtlich größer, als jener der Kugeln, so wie dies der Fall war bei diesen Versuchen, so wird der Unterschied in der Verstärkungszahl noch größer seyn; denn diese letztere nimmt zu, wenn der Durchmesser der Scheiben größer wird. Wenn also der Scheibe *A* bei der ersten Reihe meiner Versuche dieselbe Elektrizitätsmenge mitgetheilt würde als der Kugel *B* bei der zweiten, so wird im ersten Falle die ungleichnamige Influenzelektrizitätsmenge auf der Scheibe *B* bedeutend größer seyn als die im zweiten Falle auf der Kugel *B*. Wenn wir nun annehmen können, daß die Zahl, welche das spezifische Inductionsvermögen einer Substanz vorstellt, constant, d. h. unabhängig von der Ladungsstärke von *A* ist, so wird, wenn wir diese Zahl durch *m* ausdrücken, indem man die Scheibe in den Raum zwischen *A* und *B* bringt, die Influenzelektrizität auf *B* um einen *m*ten Theil vermehrt werden, in der Voraussetzung, daß jener ganze Raum durch die Scheibe eingenommen würde. In unserem Falle würde jene Vermehrung also nicht so groß, aber doch für dieselbe Scheibe eine constante Zahl seyn. Ist nun die Influenzelektrizitätsmenge auf *B* bei dem Gebrauche kugelförmiger Conductoren kleiner als bei den scheibenförmigen, so wird für den ersten Fall die Vermehrung der Influenzelektrizität auf *B* durch den Einfluß der nichtleitenden Scheibe auch kleiner seyn als für den zweiten.

Der Versuch mit Glasscheiben kann allerdings nur von wenig Bedeutung seyn, weil Glas in hohem Maße leitend an der Oberfläche ist, wie es aus der Tabelle einleuchtet. Daß Glas wenig geeignet ist zu derartigen Versuchen, wird auch von Anderen anerkannt. Der Meinung Fa-

raday's nach (1214) taugt es dafür nicht; durch Matteucci's¹⁾ Resultate wird dieß gleichfalls bestätigt; und Riefs sagt, wie schon früher bemerkt ist, daß Glasstäbe, wenn auch mit geschmolzenem Schellack überzogen, bei der möglichst kurzen Berührung mit einem elektrisirten Körper, elektrisch werden. Zwar leuchtet aus den Versuchen mit der Scheibe *L* ein, daß eine Glasscheibe geeigneter ist, wenn sie gefirnist ist, als wenn dieß nicht der Fall ist. Die Glimmerscheibe war vor allem am meisten leitend, so daß wir den dadurch erhaltenen Resultaten nicht den geringsten Werth beilegen können.

Es zeigte sich ferner aus der größeren Abweichung des Goldblattes, daß je nachdem die nichtleitenden Scheiben von derselben Substanz dicker genommen wurden, die Vermehrung der auf *B* hervorgebrachten Influenzelektricität desto größer war. Ich würde hieran vielleicht noch einige Bemerkungen hinzufügen können, welche die Erfahrung mir als wahrscheinlich richtig eingeffloßt hat; allein ein ziemlich langwieriger Versuch über den elektrischen Zustand der nichtleitenden Körper hat mich gelehrt, um allgemeine Folgerungen zu ziehen, höchst vorsichtig zu seyn, weil man hierbei immer mit verschiedenen Einflüssen zu schaffen hat, welche nicht zu trennen sind, so daß ein solcher Versuch ein weites Feld für Irrthümer öffnet. Ueber dieß ist der einzige Zweck, welchen ich mir vorgesetzt hatte, erreicht, weil ich mit Gewißheit schließen zu können glaube, daß alle die Versuche, von welchen die Resultate nicht durch Leitung an der Oberfläche ungewiß gemacht werden, zur Bestätigung von Faraday's Theorie führen. Und die Resultate würden ohne Zweifel noch mehr zum Vortheile dieser Theorie gewesen seyn, wenn es mir möglich gewesen wäre, die Stäbe, auf welchen die nichtleitende Scheibe befestigt war, besser isolirend zu machen, als es mir mit der größten Vorsicht gelungen ist.

Die Ursache, warum ich meinen Apparat nicht so geändert habe, daß ich dadurch im Stande würde gewesen seyn, das specifische Inductionsvermögen der Substanzen

1) *Ann. de chim. et de phys.* 1049, p. 251, 160.

in Z
beme
sicht
seyn
daß
hat,
wür
deren
die
lich
Um
dieß
nen
ange
ren
die
der
einen
gesch
dese
einst
S
vor,
gelfö
legun
dium
einen
so d
form
wür
Pote
stand
trost
cität
täten
jenig
S
terfil

in Zahlen auszudrücken, ist erstens, wie ich schon früher bemerkt habe, diese, daß es aus einem theoretischen Gesichtspunkte zwar von Interesse zu seyn scheint, das Daseyn dieser Eigenschaft der Substanz zu zeigen; aber daß es anfangs weder theoretischen noch praktischen Werth hat, die GröÙe dieser in Zahlen zu kennen. Und zweitens würden die erhaltenen Zahlen doch nicht mit den von Anderen gefundenen zu vergleichen seyn und würden auch die Versuche unter eben denselben Umständen rücksichtlich der Temperatur und Feuchtigkeitszustand vorgenommen. Um vergleichbare Resultate zu bekommen, würde es überdies nothwendig seyn, daß die Versuche von verschiedenen Naturforschern mit ganz übereinstimmenden Apparaten angestellt würden. Außer der Form der Conductoren, deren großer Einfluß schon gezeigt ist, ist auch die Art, die Form und die Entfernung der Körper, welche sich in der Nähe befinden, nicht ohne Einfluß. So mißt man mit einem sphärischen Condensator, wie dies von Faraday geschehen ist, nicht dasselbe, wie mit einem Condensator, dessen Conductoren Scheiben sind und welcher also übereinstimmt mit dem Apparate, dessen ich mich bedient habe.

Stellen wir uns, um dies zu zeigen, einen Condensator vor, dessen geladene innere Belegung *A* vollkommen kugelförmig, und ganz von der verschlossenen äußeren Belegung *B* umgeben ist, während Luft das isolirende Medium bildet. Wenn nun ein Theil der Luft plötzlich durch einen concentrischen festen Isolator ersetzt werden könnte, so daß beide Oberflächen dieses Isolators mit den kugelförmigen Belegungen einen selben Mittelpunkt hätten, so würde dies allein zur Folge haben, daß der Werth des Potentials kleiner würde, wie aus dem über diesen Gegenstand durch Thomson auf p. 34 seiner „*Papers on electrostatics etc.*“ Gesagten folgt. Die Vertheilung der Elektricität auf *A* würde dieselbe bleiben und die Influenzelektricitätsmenge auf *B* würde sich auch nicht ändern und also derjenigen auf *A* gleich bleiben mit entgegengesetztem Zeichen.

Sind jedoch beide Conductoren Scheiben, deren Hinfächen mit Knöpfen versehen sind, mittelst deren sie

auf den isolirenden Stäben befestigt sind und deren einer geladen ist, so wird die Elektrizität, wenn man einen festen Isolator in den Raum zwischen diesen Scheiben bringt, sich anders über die geladene Scheibe vertheilen in Folge des größeren specifischen Inductionsvermögens des Isolators; eine größere Anzahl Kraftlinien wird sich nach der Oberfläche des zweiten scheibenförmigen Conductors richten und dies wird eine Vermehrung der Influenzelektricität auf letzterem hervorbringen, welche Vermehrung abhängig seyn wird von der Form der geladenen Scheibe.

Wenn wir also, bei dem sphärischen Condensator, die Luft ersetzen durch einen festen Isolator, so wird dies eine Verminderung des Potentialwerthes auf der geladenen inneren Belegung *A* zur Folge haben, ohne daß dieses eine Vermehrung der Influenzelektricität auf *B* verursachte; während bei einem scheibenförmigen Condensator, die Ersetzung der Luft durch einen festen Isolator, auch wohl eine Verminderung des Potentialwerthes auf der geladenen Scheibe, aber zugleich eine Vermehrung der Influenzelektricität auf *B* hervorbringen wird.

Sowohl durch die eine, wie durch die andere Untersuchungsweise wird der Einfluß des Mediums bei der Inductionswirkung überzeugend dargethan. Bei der Beobachtung verschiedener anderer Erscheinungen, welche sich auf Faraday's Theorie beziehen, fanden wir keinen entscheidenden Beweis für, aber eben so wenig irgend einen Beweis wider diese Theorie. Durch beide Theorien, sowohl durch die mathematische Elektrizitätstheorie, wie durch die von Faraday, kommen wir rücksichtlich dieser Erscheinungen, wiewohl auf verschiedene Wege, zu gleichem Resultat. Aber der experimentelle Versuch, durch den das Daseyn derjenigen Eigenschaft der Substanz, welche Faraday specifisches Inductionsvermögen genannt hat, bestätigt wird, hat sich auf entschiedene Weise zu Gunsten der Faraday'schen Theorie ausgesprochen.

Leiden, März 1874.

III.

1.

E
und
beide
und
relat
zweis
auf I
dersel
In R
nur
vorli
im I
täten
Nick
werd
I
kein
dess
R =
ents
daher
in H
welc
und
morp
es b
stall
drie
sond

III. *Mittheilungen aus dem mineralogischen Institut der Universität Straßburg.*

1. Ueber die Krystallform und die thermoëlektrischen Eigenschaften des Speiskobalts; von Paul Groth.

Es ist bekannt, daß die beiden Mineralien *Speiskobalt* und *Chloanthit* sich nur dadurch unterscheiden, daß von den beiden, einander isomorph vertretenden Metallen, Kobalt und Nickel, in ersterem das Kobalt, in letzterem das Nickel relativ vorherrscht. Da hiernach keine eigentliche Gränze zwischen beiden existirt, so muß dasjenige, was in Bezug auf Krystallform und chemische Constitution für das eine derselben gilt, ganz eben so auch für das zweite stattfinden. In Rücksicht darauf, daß also eine Unterscheidung beider, nur durch quantitative Analyse möglich, für den Zweck vorliegender Untersuchung völlig gleichgültig war, sind im Folgenden unter dem Namen „*Speiskobalt*“ alle Varietäten desselben, gleichviel ob sie mehr Kobalt oder mehr Nickel enthalten und also eigentlich Chloanthit genannt werden müßten, zusammengefaßt.

Die chemische Formel des Speiskobalts war bis jetzt keineswegs als festgestellt zu betrachten, da die Analysen desselben zu sehr verschiedenen Verhältnissen zwischen $R = (\text{Co}, \text{Ni}, \text{Fe})$ und As führen. Ein Theil von ihnen entspricht allerdings recht gut der Formel $R \text{As}^2$, welche daher von vielen Mineralogen angenommen worden ist, in Hinblick auf die reguläre Krystallform des Speiskobalts, welche für eine Isomorphie desselben mit *Eisenkies*, FeS^2 , und Kobaltglanz $(\text{Co}, \text{Fe}) (\text{As}, \text{S})^2$, spricht. Diese Isomorphie ist indess wieder vielfach bezweifelt worden, weil es bisher nicht gelungen war, am Speiskobalt solche Krystallformen zu entdecken, welche die pentagonale Hemiëdrie, wie diejenigen des Eisenkies und Kobaltglanz, zeigen, sondern nur Formen (Würfel, Oktaëder, Dodekaëder, Iko-

sitetraëder) an demselben bekannt waren, welche es zweifelhaft lassen, ob die Krystalle holoëdrisch oder pentagonal-hemiëdrisch seyen.

Eine große Suite ausgezeichneten Handstücke von Speiskobalt — größtentheils durch den Ankauf der an alten, namentlich sächsischen, Erzvorkommen sehr reichen Sammlung des Bergmeisters Hrn. Perl in Marienberg, in den Besitz der Universität Straßburg gelangt — gestatten nun dem Verf. den bestimmten Nachweis zu führen, daß dieses Mineral nicht nur in denselben hemiëdrischen Formen krystallisirt, wie Eisenkies und Glanzkobalt, sondern auch deren merkwürdige physikalische Eigenschaft besitzt, sich thermoëlektrisch gegen Kupfer theils positiv, theils negativ zu verhalten. Von jenen beiden Mineralien ist es schon vor längerer Zeit von Marbach und Hrn. Haukel erkannt worden, daß ihre Krystalle in der thermoëlektrischen Spannungsreihe der metallischen Körper entweder jenseits des Antimons oder jenseits des Wismuths stehen, aber es ist jenen Physikern nicht gelungen, einen krystallographischen Unterschied zwischen positiven und negativen Krystallen zu entdecken. Die Erforschung einer derartigen Differenz war der Gegenstand einer eingehenden Untersuchung, welche G. Rose in Gemeinschaft mit dem Verfasser ausführte, und von der Ersterer einen vorläufigen Bericht bereits mitgetheilt hat (G. Rose, *über den Zusammenhang zwischen hemiëdr. Krystallform und thermoëlektrischem Verhalten beim Eisenkies und Kobaltglanz*; Monatsber. d. Berl. Akad. der Wiss. 1870, siehe auch d. Ann. Bd. 142, S. 1), während die speciellen Resultate noch der Veröffentlichung harren. Mit dem Nachweis der vollkommenen Uebereinstimmung in krystallographischer und physikalischer Beziehung zwischen Speiskobalt, Eisenkies und Kobaltglanz, ist die Nothwendigkeit ihrer analogen chemischen Zusammensetzung erwiesen, also für den Speiskobalt die Formel RAs^2 .

Wie bereits oben bemerkt, ergeben die Analysen vielfach von diesem Verhältniß abweichende Zahlen, so daß noch neuerdings Hr. Rammelsberg (Zeitschr. d. deutsch.

geolog. Ges. Bd. 25, S. 282) seine bereits mehrfach veröffentlichte Ansicht, das in Rede stehende Mineral sey eine isomorphe Mischung von $R = \text{Co, Ni, Fe}$ mit wechselnden Mengen As , zu vertheidigen suchte, eine Ansicht, welche in directem Widerspruch mit dem Begriff des Isomorphismus steht. Der Verf. hat bereits in seiner kürzlich erschienenen Schrift „Tabellar. Zusammenstellung der einfachen Mineralien, nach ihren krystallographisch-chemischen Beziehungen geordnet; Braunschw. 1874“ das Resultat der vorliegenden Untersuchung vorläufig mitgetheilt, aus welcher sich die Constitution des Speiskobalts als Zweifacharsenverbindung von Co, Ni, Fe ergibt, so daß man schließen muß, daß alle Analysen, welche davon abweichende Zahlen ergeben, mit unreinem Material angestellt worden sind. Die Mehrzahl derselben weisen einen zu niedrigen Gehalt an Arsen auf, was sich sehr einfach dadurch erklärt, daß ein mechanisches Gemenge von Speiskobalt mit Einfacharsenkobalt analysirt wurde, einer Verbindung, welche, mit Speiskobalt zusammen vorkommend und hexagonal krystallisirend, von Hrn. Kennigott gefunden worden ist und deren Einmischung in ersteres Mineral wegen der gleichen Farbe beider nicht wohl erkannt werden kann; wie wahrscheinlich aber eine solche Beimischung als sehr gewöhnlich anzunehmen ist, beweist die Häufigkeit der Einschlüsse von Ni As (*Rothnickelkies*) im Chloanthit, als oder gleichen Erscheinung bei den entsprechenden Nickelverbindungen, nur daß man hier die Mischung durch die Verschiedenheit der Farbe leichter zu erkennen vermag. Dazu kommt nun noch, daß für viele der vorliegenden Analysen von Speiskobalt nicht Krystalle, sondern derbe Stücke verwendet wurden, wobei natürlich noch weniger Gewähr für Homogenität der Substanz geleistet ist. Die wenigen Analysen, welche noch mehr Arsen ergaben, als der Formel $R \text{As}^2$ entspricht, erklären sich durch Beimischung von Co As^3 (*Tesseralkies*). Dieses Beispiel beweist von Neuem, wie nothwendig es ist, bei chemischer Untersuchung undurchsichtiger Mineralien, bei denen

also eine mikroskopische und optische Prüfung im durchfallenden Lichte nicht möglich ist, die Resultate nur dann als sicher anzusehen, wenn sie in vollem Einklange mit den, aus den krystallographischen und physikalischen Eigenschaften sich ergebenden Schlüssen stehen.

Im Folgenden sind nun die Beobachtungen, welche, an Speiskobalt von verschiedenen Fundorten angestellt, zur Erkennung der Hemiëdrie desselben und seiner physikalischen Eigenschaften dienten, mitgetheilt:

1. *Sp. aus dem Kinzigthal.* Combination von Hexaëder und anscheinend Oktaëder, dessen Flächen aber bei näherer Betrachtung sich als aus je drei Facetten zusammengesetzt erweisen, deren sehr stumpfe Kanten unsymmetrisch gegen die Combinationskanten $\infty 0 \infty : 0$ liegen, welche also einem Dyakisdodekaëder angehören (dem parallellflächigen Hälftflächner eines oktaëderähnlichen Hexakisoktaëders). Die kleinen Flächen dieser Form waren indeß so gerundet, daß eine Bestimmung des Parameterverhältnisses unmöglich war. Thermoëlektrisch verhält sich ein Theil der Krystalle gegen Kupfer positiv, die anderen negativ¹⁾.

2. *Sp. von Riechelsdorf in Hessen:* Combin. $\infty 0 \infty, 0$; die Flächen des ersteren zeigen deutlich durch Rundung nach zwei gegenüberliegenden Kanten die Andeutung eines Pentagondodekaëders; diese Krystalle waren einfach negativ. Andere sehr verzerrte Krystalle desselben Fundortes waren negativ mit einzelnen positiven Stellen.

3. *Sp. von Andreasberg:* Combination $\infty 0 \infty, 0$; einfach negativ.

4. *Sp. von Schwarzenberg in Sachsen,* $\infty 0 \infty, 0$. Negativ.

5. *Sp. von Freiberg:* $\infty 0 \infty, \infty 0, 0$. Negativ.

6. *Sp. von Annaberg:* 1) Einfache glatte Hexaëder, deren stets mehrere unregelmäßig durch einander gewachsen sind; von solchen ist oft der eine positiv, der andere negativ; einzeln aufgewachsen oft einfach positiv. 2) Gerundet

1) Die thermoëlektrischen Versuche wurden genau so angestellt, wie diejenigen am Eisenkies und Glauzkobalt, s. I. c.

drusige Würfel ohne Streifung mit ∞O und 202 ; die Flächen beider letzteren Krystallformen sind eben, aber matt durch eine sehr feine Streifung, in erhabenen Leistchen (erst durch eine sehr starke Loupe erkennbar) bestehend, welche auf den Dodekaëderflächen in zwei schiefwinklig sich durchschneidenden Systemen auftreten, deren je eines auf einer benachbarten Ikositetraëderfläche, und zwar parallel der Kante derselben mit $\infty O \infty$, fortsetzt. Die Streifung hat darnach diejenige Richtung, welche eine Zwillingstreifung haben müßte, bei welcher eingelagerte Zwillinglamellen nach mehreren Oktaëderflächen den Krystall durchsetzen. Auf den Flächen von 202 zeigt sich außerdem noch eine zweite Streifung, mehr unregelmäßig wulstförmig, senkrecht gegen die vorige, also parallel den Kanten mit ∞O . Thermoëlektrisch sind die zuletzt beschriebenen Krystalle negativ.

7. *Sp. von Wolkenstein*: Sämmtliche Krystalle dieses Fundortes, welche von sehr verschiedenem Ansehen vorkommen, erwiesen sich als negativ; so verzerrte Krystalle der Comb. $\infty O \infty$, O , ∞O , 202 , lang ausgedehnt durch Vorherrschen von vier Flächen des Hexaëders; sowie andere von der Form $\infty O \infty$, ∞O mit theilweise matten, theilweise glänzenden Dodekaëderflächen, welche auf eine Zwillingbildung mit unregelmäßigen Gränzen hindeuten. Besonders bemerkenswerth sind unter den Wolkensteiner Krystallen: 1) Glänzende Würfel mit schöner pentagondodekaëdrischer Streifung, also parallel einem Hexaëderkantenpaar und auf den benachbarten Würfelflächen sich rechtwinklig kreuzend, wie es beim Eisenkies (z. B. von Tavistock) so häufig vorkommt. Die Streifung rührt von den, zwar etwas gerundeten, aber doch ungefähr meßbaren Flächen zweier Pentagondodekaëder her; es wurde im Mittel gefunden die Neigung des einen gegen $\infty O \infty = 168^\circ 16'$, des anderen $= 173^\circ 54'$; daraus folgen ihre Zeichen:

$$\left[\frac{\infty O 5}{2} \right] \text{ und } \left[\frac{\infty O 10}{2} \right],$$

welche für jene Winkel die theoretischen Werthe $168^{\circ}42'$ und $173^{\circ}43'$ erfordern. 2) Matte große Würfel mit einer weniger deutlichen Streifung durch Pentagondodekaëder; die Flächen der letzteren Formen, welche außer der Streifung zugleich eine beträchtliche Rundung der Hexaëderflächen nach zwei gegenüberliegenden Kanten verursachen, sind aber selbst so gerundet, daß bei Messungen mittelst des Eintretens des Lichtschimmers auf den Flächen während einer längeren Drehung fast fortwährend einzelne Flächentheile Licht reflectirten. Die Einstellung auf die Schimmermaxima deuten das Vorhandenseyn einer Reihe von Pentagondodekaëdern an, nämlich:

$$\left[\frac{\infty 0 \frac{1}{2}}{2}\right], \left[\frac{\infty 0 \frac{1}{4}}{2}\right], \left[\frac{\infty 0 2}{2}\right], \left[\frac{\infty 0 \frac{1}{3}}{2}\right], \left[\frac{\infty 0 4}{2}\right],$$

doch sind die angestellten Messungen zu ungenau, um das Auftreten aller dieser Formen als sicher festgestellt betrachten zu können.

8. *Sp. von Schneeberg in Sachsen.* Die Krystalle von diesem Fundort, welche bekanntlich in den Sammlungen am meisten verbreitet sind, erwiesen sich, soweit solche thermoelektrisch untersucht wurden, sämmtlich als negativ gegen Kupfer; sowohl die einfachen glatten Hexaëder, als die Combinationen von $\infty 0 \infty$, $\infty 0$, 0 , ferner die sogenannten „gestrickten“ Aggregate, endlich solche Krystalle, welche durch Vorherrschen einzelner Flächen von 202 rhomboëdrisch verzerrt erscheinen. Unter den Schneeberger Handstücken befindet sich eins mit sehr flächenreichen Combinationen, welche nicht minder beweisend für die pentagonale Hemiëdrie des Speiskobaltes sind, als die oben beschriebenen von Wolkenstein. Fig. 1. Taf. V zeigt dieselben in einer Projection auf eine Hexaëderfläche a ; außer dem Oktaëder o , dem Dodekaëder d und dem Ikositetraëder $202 = i$, erscheinen noch sehr groß die Flächen des Pentagondodekaëders $p = \left[\frac{\infty 0 3}{2}\right]$ und eines Dyakisdodekaëders x . Die Krystalle, von 2 Centm. Durchmesser, sind so matt, daß sie nicht mit dem Reflexionsgoniometer ge-

messen werden können; das Zeichen des Pentagondodekaëders ergab sich aber aus dem mit Sicherheit zu beobachtenden Parallelismus seiner Combinationskanten gegen 202 mit dessen Kanten (s. die Zone $x'i'p'$ in der Fig. 1); bestätigt wurde dasselbe auch noch durch eine Messung der größten Flächen mit dem Anlegegoniometer, welche ergab: $p:a = 162^\circ$ (berechnet: $161\frac{1}{2}^\circ$). Das Dyakisdodekaëder α stumpft die Combinationskanten $p:i$ ab und ist in einem stumpferen Winkel gegen p geneigt, so daß es ungefähr das Zeichen $\left[\frac{80\frac{3}{4}}{2}\right]$ haben dürfte. Eine sichere Bestimmung liefs sich indess von demselben nicht ausführen, da seine Flächen für die Benutzung des Anlegegoniometers zu schmal waren.

Fassen wir die Resultate der vorstehenden Arbeit kurz zusammen, so ergibt sich Folgendes:

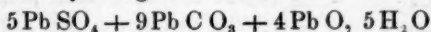
Der Speiskobalt zeigt gewöhnlich nur Krystallformen des regulären Systems, welche der holoëdrischen und parallelfächig hemiëdrischen Abtheilung desselben gemeinsam sind, nämlich $\infty 0\infty$, $0, \infty 0$, 202 , daher er bisher für holoëdrisch gehalten wurde. Selten finden sich dagegen andere Flächen, z. B. $\infty 03$, $\infty 05$, $\infty 010$ und Hexakisoktaëder, diese treten aber stets hemiëdrisch als *Pentagondodekaëder*, resp. *Dyakisdodekaëder* auf; der *Speiskobalt krystallisirt demnach pentagonal-hemiëdrisch*.

Dieses Mineral zeigt ferner die physikalische Eigenthümlichkeit, daß ein Theil der Krystalle, bei Weitem die Mehrzahl, gegen Kupfer sich *thermoëlektrisch negativ*, die anderen *positiv* verhalten. Diese Eigenschaft ist ausserdem nur an dem Eisenkies und Kobaltglanz bekannt, zwei Mineralien, deren chemische Constitution analog ist derjenigen, welche sich aus den Analysen des Speiskobalts mit großer Wahrscheinlichkeit herleiten läfst. *Die Hemiëdrie und die thermoëlektrischen Eigenschaften des Speiskobalts beweisen, daß er vollkommen isomorph mit Eisenkies und Kobaltglanz, und daß demnach seine chemische Zusammensetzung = (Co, Ni, Fe) As³ ist.*

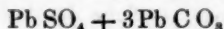
2. Ueber die chemische Zusammensetzung des Leadhillit's;
von Dr. C. Hintze.

Vor zwei Jahren beschrieb ¹⁾ Hr. Prof. Laspeyres ein neues Mineral von der Bleierzgrube Mala-Calzetto bei Iglesias auf der Insel Sardinien, für das er nach Herrn Bergrath Max Braun in Moresnet den Namen Maxit vorschlug, weil Hr. Braun das Mineral nach Deutschland gebracht hatte.

Hr. Laspeyres bestimmte das spec. Gew. = 6,874 und seine Analyse ergab die Formel



Die Krystallform war nicht zu bestimmen, jedoch zeigten die übrigen Eigenschaften, die optischen, sowie Härte, Glanz und Spaltbarkeit eine auffallende Aehnlichkeit mit denen des Leadhillits, der indeß das spec. Gewicht 6,26 bis 6,44 besitzt und dem bisher die Formel



gegeben wurde.

Einige Zeit darauf publicirte ²⁾ Hr. Bertrand in Paris, daß er den Leadhillit, dessen Vorkommen bisher nur von Schottland und dem Ural sicher bekannt war, bei Iglesias auf Sardinien aufgefunden habe und zwar in allen Eigenschaften vollkommen übereinstimmend mit dem schottischen; nur das spec. Gew. fand Hr. Bertrand etwas wenig höher, nämlich = 6,60. Da auf diese Weise das Zusammenvorkommen des Leadhillit mit dem ihm so ähnlichen Maxit constatirt war, sprach schon Hr. Bertrand die Vermuthung aus, daß beide identisch wären, und versuchte den Unterschied im specifischen Gewicht und der chemischen Constitution durch die Annahme zu erklären, daß der Maxit ein durch angehende Zersetzung und Wasseraufnahme veränderter Leadhillit sey.

1) Neues Jahrb. für Min. v. Leonhard und Geinitz 1872, 508. — Journ. für prakt. Chemie V, 470, Jahrg. 1872.

2) Bull. de la soc. chim. de Paris 1873, T. XLIX, p. 67. Berichte der deutsch. chem. Gesellsch. 1872, No. 19, 1058.

In einer Entgegnung¹⁾ machte Hr. Laspeyres mit Recht hiergegen geltend, daß jener Annahme der Umstand widerspreche, daß gerade der Maxit klar und durchsichtig ist, während der Leadhillit meist ein trübes und verwittertes Aussehen hat und schließlicb doch durch die Aufnahme von Wasser das specifische Gewicht nur vermindert und nicht erhöht werden kann.

Unter diesen Umständen blieb die Streitfrage unentschieden, und es schien mir keine undankbare Aufgabe, dieselbe zur Erledigung zu bringen.

Hr. Laspeyres sprach in seiner Arbeit die Vermuthung aus, daß eins von den beiden Stücken Maxit, die Hr. Braun aus Sardinien mitgebracht hatte, mit dessen Mineraliensammlung in die hiesige Universitätsammlung übergegangen sey. Ich unterzog den fraglichen Krystall auf der betreffenden Stufe einer krystallographischen Untersuchung, die wegen der günstigen Stellung des Krystalls mit dem Reflexionsgoniometer ausgeführt werden konnte, jedoch stellte sich heraus, daß ich nur einen Bleivitriolkrystall, freilich von nicht gewöhnlichem Habitus, vor mir hatte; auch ein losgetrennter Splitter ergab bei der Analyse nur Schwefelsäure und Bleioxyd, ohne Kohlensäure. In der ganzen Suite sardinischer Bleierze, die aus der Braun'schen Sammlung her stammt, fand ich auch nichts, was sich hätte als Leadhillit oder Maxit ansprechen lassen.

Nun ersuchte ich Hrn. Braun um die Gefälligkeit, mir sein Material von Maxit, dasselbe, welches zur Untersuchung und Aufstellung des Maxit als neues Mineral von Seiten des Hrn. Laspeyres gedient hatte, und das einzige in Deutschland befindliche ist, anzuvertrauen und Hr. Braun war so liebenswürdig, meiner Bitte sofort auf das Bereitwilligste nachzukommen.

Die Spaltungsstücke des Minerals, denn nur solche sind es, sind farblos, durchsichtig, mit Fettganz auf den Bruchflächen und diamantartigem Perlmutterganz auf der Spal-

1) Neues Jahrb. für Min. 1873, 392.

tungsfläche. Senkrecht auf letzterer, wie auch Hr. Laspeyres angiebt, steht die erste optische Mittellinie, indem man durch jedes Spaltungsblättchen im convergenten polarisirten Licht die optischen Axen erblickt und zwar von so symmetrischer Lage und Dispersion, daß kein Zweifel über das rhombische System des Minerals bleibt. Herr Laspeyres beschreibt, daß man oft durch die Spaltungslamellen „unregelmäßige, verworrene, durch einander gewürfelte Ringsysteme“ sehe. Wenn man jedoch genauer zusieht, so nimmt man wahr, daß diese Erscheinung durch Zwillingsbildung hervorgebracht wird und sich die Ringsysteme unter 60° schneiden. Unter dem Mikroskop zeigt auch fast jedes Blättchen eine Streifung, nach drei sich unter 60° schneidenden Richtungen, wie sie für die Drillinge des rhombischen Systems so charakteristisch ist. Dieselbe Zwillingsverwachsung mit ganz derselben Ausbildung ist auch am Leadhillit bekannt.

Die Doppelbrechung ist ziemlich stark und negativ. Der spitze scheinbare Axenwinkel wurde bereits von Hrn. Laspeyres bestimmt. Da dieser Forscher sich jedoch zur Herstellung einfarbigen Lichtes farbiger Gläser bediente und selbst angiebt, daß dieselben im Spectroskop nicht homogen waren, so wiederholte ich die Bestimmungen mit farbigen Flammen, durch Lithium, Natrium und Thallium gefärbt, einer Methode, die viel genauere Resultate giebt, als die andere. Es wurde gefunden für

	Hintze	Laspeyres
roth	$18^\circ 36'$	$19^\circ 38'$
gelb	$19^\circ 28'$	
grün	$19^\circ 41'$	
blau		$22^\circ 45'$

woraus man ersieht, daß der von Hrn. Laspeyres für roth gefundene Winkel dem für gelb entspricht. Vergleiche man diese optischen Axenwinkel mit denen des Leadhillit nach Messungen von Des Cloizeaux, V. v. Lang und mir:

so erg
Leadh
beit d
Messu
Be
Cloiz
ter Te
Winkel
beide
W
versch
so wi
diesel
zeigte
bei gl
parat,
meter
nen V
tere
Erhit
neben
Aend
der T

1) N

	Des Cl.	v. Lg.	H.
roth	20° 32'	15°	20°
gelb		20	20 20'
grün			20 45
blau	22 22	25	

so ergibt sich eine Uebereinstimmung zwischen Maxit und Leadhillit, wie sie bei der wegen ungünstiger Beschaffenheit der Platten des Leadhillit stattfindenden Differenz der Messungen unter einander überhaupt möglich ist.

Bekanntlich besitzt nach Untersuchungen von Des Cloizeaux der Leadhillit die Eigenschaft, daß bei erhöhter Temperatur eine bedeutende Verengung des spitzen Winkels der optischen Axen eintritt, bis sich schließlich beide vereinigen.

Wenn Des Cloizeaux's Messungen¹⁾ hierüber an verschiedenen Platten wenig unter einander übereinstimmen, so wird der Grund davon seyn, daß der Krystall nicht dieselbe Temperatur besaß, wie sie die Thermometer anzeigten, theils wegen nicht genügend langer Erwärmung bei gleicher Temperatur, theils weil an dem Erhitzungsapparat, dessen sich Des Cloizeaux bedient, die Thermometer ziemlich weit vom Krystall entfernt sind. Bei meinen Versuchen wurden beide Fehlerquellen vermieden, letztere durch die Benutzung des verbesserten Groth'schen Erhitzungsapparates. Die folgende Tabelle enthält nun neben einander gestellt meine Resultate, die ich für die Aenderung des Winkels der optischen Axen bei steigender Temperatur erhielt: für rothes Licht:

Maxit		Leadhillit	
Temperatur	Axenwinkel	Temperatur	Axenwinkel
20° C.	18° 36'	20°	20°
34	18 20		
		46	18
50	17 36		
56	14 56	60	16

1) *Nouvelles Recherches* p. 72.

Maxit		Leadhillit	
Temperatur	Axenwinkel	Temperatur	Axenwinkel
66°	14° 5'		
77	13 12	78°	13°
83	12 25		
86	11 10	85	11
89	10 45		
93	9 45		
98	7 30	97	8
100	5 35		
104	4 5	105	3
108	3 50	109	2
112	1 10		
118	0 15		
125	0	122	0.

Von da an blieben beide Platten, sowohl die des Maxit, als die des Leadhillit einaxig, ohne daß bei noch höherer Temperatur, selbst bei 250°, die Axen, wie dies bei anderen Mineralien der Fall ist, nach der anderen Seite wieder auseinander gegangen wären. Beim Abkühlen gingen die Axen gegen ihre ursprüngliche Lage hin zurück, jedoch viel langsamer als sie beim Erhitzen dieselbe verlassen hatten und ohne sie ganz wieder zu erreichen:

Maxit		Leadhillit	
Temperatur	Axenwinkel	Temperatur	Axenwinkel
100°	3°	105°	2°
90	5	75	4
74	5 30		
50	6		
		30	8
25	10°	26	9° 5.

Es zeigte sich nun die interessante Erscheinung, daß die Platten bei dieser Abkühlungstemperatur ziemlich rasch trübe wurden und bei abermaligem Erhitzen zwischen 60° und 70° wieder durchsichtig und bereits bei ungefähr 100° einaxig wurden. Von da an blieben sie wie vorher gegen größere Wärme unempfindlich. Die Axen kehrten bei

abermaligem Abkühlen gegen ihre erste Lage hin zurück; als sie wie beim ersten Versuch bei ungefähr 25° wieder bis auf einen Winkel von 10° auseinander gegangen waren, trat auch dieselbe Undurchsichtigkeit ein, wie beim ersten Abkühlen. Dieses Experiment wurde fünf Mal wiederholt und immer mit dem gleichen Erfolg. Die erkalteten Platten zeigten unter dem Mikroskop keine krystallinischen Ausscheidungen, welche die Ursache der Undurchsichtigkeit hätten seyn können und die sich in der Wärme wieder auflösen könnten, nur zeigten sich verschwommene bräunliche Flecke, die beim Erhitzen unter dem Mikroskop langsam verschwanden und beim Erkalten wieder auftraten.

Ogleich nun die Messungen am schottischen Leadhillit wegen zahlreicher in die untersuchte Platte eingewachsener Zwillingslamellen weniger genau sind, als die der Maxitplatte, so zeigt doch die vollständige Uebereinstimmung aller dieser eigenthümlichen Erscheinungen, daß von einer specifischen Verschiedenheit zwischen Leadhillit und Maxit nicht mehr die Rede seyn kann.

Nach diesen Resultaten konnte die an kleinen Splintern im Pyknometer von Hrn. Laspeyres angestellte Bestimmung des specifischen Gewichtes vom Maxit nicht als richtig angesehen werden, da nach derselben eine erhebliche Differenz gegenüber dem Volumgewicht des Leadhillit vorhanden gewesen wäre. Es wurde deshalb nicht im Pyknometer, sondern durch die viel genauere Methode vermittelst Aufhängens eines ganz reinen und ziemlich großen Spaltungsstückes am Platindraht in Wasser eine Bestimmung ausgeführt und diese ergab für den Maxit das specifische Gewicht von 6,547 bei $18^{\circ},9$ C., mithin weniger von dem des schottischen verschieden, als die Schwankungen an diesem bei verschiedenen Stücken betragen: 6,26 bis 6,44.

Schließlich wurden 0,6854 Gr. zu einer Analyse verwendet. Da das Mineral im Thermostat nach Hrn. Laspeyres bei 100° C. nur 0,099 Proc. Luftfeuchtigkeit und

wie ich mich überzeuge nach dem Trocknen im Exsiccator, bei 100° gar nichts verliert, wurde dasselbe vorher nicht erhitzt, damit nicht durch eine leicht höher steigende Temperatur etwas Wasser oder Kohlensäure entweichen könnte, sondern nur im Exsiccator getrocknet und dann im wasser- und kohlensäurefreien Luftstrom mäßig erhitzt. Dadurch wird zwar alles vorhandene Wasser ausgetrieben, jedoch nicht alle Kohlensäure, wie auch Hr. Laspeyres erwähnt. Weil indeß bei stärkerem Glühen sich bekanntlich das Bleisulfat zu zersetzen beginnt unter Abgabe von schwefliger Säure, so wurde die Austreibung des Restes der Kohlensäure nicht durch Glühen, sondern vorsichtig im Kohlensäureapparat vollendet und schließlich die Schwefelsäure als Baryumsulfat bestimmt, das Blei durch Schwefelwasserstoff gefällt und zu Bleisulfat oxydirt gewogen.

Die Analyse ergab

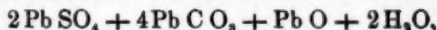
$$\text{Pb O} = 80,80$$

$$\text{S O}_2 = 8,17$$

$$\text{C O}_2 = 9,18$$

$$\text{H}_2 \text{O} = 2,00,$$

daraus berechnet sich die Formel



welche verlangt

$$\text{Pb O} = 80,76$$

$$\text{S O}_2 = 8,27$$

$$\text{C O}_2 = 9,11$$

$$\text{H}_2 \text{O} = 1,86.$$

In der folgenden Tabelle sind nun zum Vergleich damit die Analysen des Maxit von Hrn. Laspeyres und des Leadhillit von Hrn. Bertrand, sowie die älteren von Berzelius, Stromeyer, Thomson und Irving zusammengestellt:

	Ber.	H.	Lasp.	Betr.	Berz.	Strom.	Thoms.	Irv.
PbO =	80,76	80,80	81,89	80,72	80,45	80,84	80,81	78,13
SO ³ =	8,27	8,17	8,14	7,14	7,58	7,21	7,24	7,66
CO ₂ =	9,11	9,18	8,08	12,12	11,67	11,95	11,96	11,20
H ₂ O =	1,86	2,00	1,87	—	—	—	—	—

Die Menge des Bleioxyds stimmt bei allen Analysen am besten überein und Hr. Laspeyres allein weicht darin ab. Dagegen kommt bei der Schwefelsäure meine Bestimmung der von Hrn. Laspeyres am nächsten. Wenn im allgemeinen zu wenig Schwefelsäure gefunden wurde, so ist der Grund davon darin zu suchen, daß beim Glühen zum Austreiben der Kohlensäure nur allzu leicht schon schweflige Säure mit entweicht, was auch beim Kochen im Kohlensäureapparate vorkommen kann. Den Beweis dafür liefern die Angaben von Hrn. Laspeyres: im Glührückstande fand er nur

7,96 Proc. SO₃,

im ungeglühten Mineral

8,32 Proc. SO₃.

Dadurch und daß vor Hrn. Laspeyres alle Forscher den Wassergehalt übersehen haben, fallen die Kohlensäurebestimmungen zu hoch aus, indem die Procente der Kohlensäure nicht nur diese, sondern auch das Wasser und etwas schweflige Säure zusammen enthalten. Daß Herr Laspeyres zu wenig Kohlensäure fand, liegt wohl daran, daß sich bekanntlich durch Glühen allein die Kohlensäure nie vollständig austreiben läßt und schon viel früher, als dies annähernd erreicht werden kann, die schweflige Säure entweicht.

Daß nun die früheren Forscher wirklich den Wassergehalt des Leadhillit übersehen haben, geht daraus hervor, daß der schottische Leadhillit ebenso, wie der sogenannte

Maxit im Kölbchen Wasser abgiebt; er decrepitiert ebenso, wie der letztere, wird beim stärkeren Glühen gelb, beim Erkalten wieder weiß, ganz wie jener. Den Beweis dafür, daß die Zersetzung bei höherer Temperatur bei beiden vollständig gleich vor sich geht, erhält man dadurch, daß gleiche Mengen (0,5 Gr.) vom schottischen Leadhillit und dem sogenannten Maxit zu gleicher Zeit im Thermostat erhitzt, folgendes übereinstimmende Verhalten zeigen. Nachdem beide vorher gleich lange im Exsiccator getrocknet waren

findet bei 100° C. gar kein Verlust statt:

bei 200° C. geht kaum 0,1 Proc. fort;

bei 300° C. beginnt die Zersetzung

und es verlor der

	Leadhillit	sog. Maxit
nach 1 Stunde	0,489 Proc.	0,445 Proc.
nach 5 Stunden	0,848 „	0,850 „
nach 10 Stunden	0,978 „	0,966 „
nach 15 Stunden	1,346 „	1,353 „
nach 20 Stunden	1,735 „	1,739 „

Zugleich geht hieraus hervor, daß die beiden Wassermoleküle sich nicht getrennt austreiben lassen.

Ob der Susannit, der für eine dimorphe Modification des Leadhillits gehalten wird und hexagonal rhomboëdrisch krystallisiert, auch wasserhaltig ist oder eine wasserfreie Verbindung repräsentiert, wäre nur durch eine neue Untersuchung festzustellen, die ich jedoch nicht auszuführen vermochte, da die hiesige Universitätsammlung noch nichts von dem äußerst seltenen Mineral besitzt.

Fassen wir nun die Resultate der vorliegenden Untersuchung zusammen, so sind es die folgenden:

1) Die chemische Zusammensetzung des Leadhillit ist
nicht $\text{Pb SO}_4 + 3 \text{Pb CO}_3$,

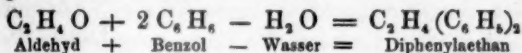
wie bisher angenommen wurde,

sondern $2 \text{Pb SO}_4 + 4 \text{Pb CO}_3 + \text{Pb O} + 2 \text{H}_2 \text{O}$.

2) Der als neues Mineral von Hrn. Laspeyres aufgestellte Maxit ist identisch mit dem Leadhillit.

3. Krystallographische Untersuchungen über Verbindungen von Aldehyden mit aromatischen Kohlenwasserstoffen; von Dr. C. Hintze.

In einer Reihe von Untersuchungen ¹⁾, deren erste Mittheilung am Anfang des Jahres 1872 erschien, über die Verbindungen von Aldehyden mit aromatischen Kohlenwasserstoffen, hat Prof. Baeyer gezeigt, daß im Aldehyd, analog wie in Säuren, ein Sauerstoffatom durch zwei Kohlenwasserstoffgruppen bei Gegenwart von concentrirter Schwefelsäure, die als Wasser entziehender Factor mitwirkt, ersetzt werden kann. Bei den so entstehenden Körpern verbindet sich also ein Aldehydmolecül mit zwei Kohlenwasserstoffmolecülen unter Wasserabspaltung derartig, daß das Aldehydmolecül das Sauerstoffatom und die beiden Kohlenwasserstoffmolecüle je ein Wasserstoffatom zur Wasserbildung abgeben, ein Vorgang, der durch folgende Gleichung veranschaulicht wird:



Eine Anzahl dieser Verbindungen läßt sich nun in Krystallen erhalten, die zu genaueren krystallographischen, z. Th. auch optischen Untersuchungen geeignet sind, deren Resultate im Folgenden gegeben werden sollen, nebst einigen theoretischen Bemerkungen über den Zusammenhang zwischen Krystallform und chemischer Constitution der beschriebenen Körper.

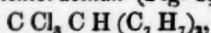
Das Material zu der vorliegenden Arbeit verdanke ich den HH. Dr. Goldschmiedt und Zeidler, welche dasselbe bei ihren Untersuchungen ²⁾ erhalten hatten, die sie auf Veranlassung des Hrn. Prof. Baeyer in dieser Richtung vornahmen.

1) Ber. der deutsch. chem. Gesellsch.: V. 25,280, 1094. VI. 220.

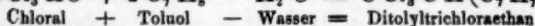
2) Dr. Goldschmiedt: Ber. der deutsch. chem. Gesellsch. VI. 985. 1501. Dr. Zeidler: Inaugural-Dissertation, im eignen Verlag erschienen.

Aus Chloral und Benzol entsteht unter Wasserabspaltung das

Ditolyltrichloraethan (Fig. 2, Taf. V)



nach der Gleichung



Krystallsystem: Monoklinisch,

Axenverhältniß ¹⁾:

$$a : b : c = 0,77545 : 1 : 1,8783,$$

Axenschiefe

$$ac = 99^\circ 48', 8.$$

Beobachtet wurden folgende Flächen:

$$p = \infty P = (a : b : \infty c),$$

$$c = 0 P = (\infty a : \infty b : c)$$

$$o = + P = (a' : b : c)$$

$$\alpha = P \infty = (\infty a : b : c).$$

Die mir vorliegenden Krystalle, farblos bis gelblich und ziemlich durchsichtig, ohne ausgezeichnete Spaltungsrichtung, sind tafelartig nach der Basis ausgebildet; Prisma und Hemipyramide sind von nahezu gleicher Ausdehnung; das Klinodoma kommt seltener vor; die Flächen, namentlich die der Hemipyramide, sind häufig gewölbt.

Bei der folgenden Winkeltabelle, wie bei den späteren, sind die zur Berechnung verworthen Winkel mit *, die wegen ungünstiger Beschaffenheit der Flächen ungenaueren Messungen mit appr. und bei Hemipyramidenkantenwinkeln die in der Symmetrieebene gelegene Kante mit (Symm.) bezeichnet

	Berechnet	Gemessen
$p : p$ (über a) =	*	$105^\circ 14'$
$c : p$ =	*	$97 \ 47$
$d : d$ (über c) =	$56^\circ 46'$	$56 \ 46$
$c : d$ =	*	$118 \ 23$
$p : d$ =	$126^\circ 45', 8$	$126 \ 49$
$c : o$ =	$101 \ 0, 5$	$101 \ 12$ appr.
$o : p$ =	$161 \ 12, 5$	$161 \ 1$ appr.
$o : o$ (Symm.) =	$106 \ 3'$	

1) Klinodiagonale zu Orthodiagonale zu Vertikale.

Die optischen Axen, von denen eine durch die Basis sichtbar ist, liegen in der Symmetrieebene. Die Doppelbrechung ist mäßig stark und positiv. Nach einer Messung mit dem Groth'schen Stauroskep¹⁾ macht die Axe der kleinsten Elasticität für weißes Licht in der Symmetrieebene mit der Basis einen Winkel von $76^{\circ} 4'$, und zwar in der Lage, wie Fig. 3, Taf. V zeigt. Der spitze scheinbare Winkel der optischen Axen misst in Luft

für roth = $85^{\circ} 19'$

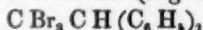
gelb = $85^{\circ} 5'$

grün = $84^{\circ} 35'$

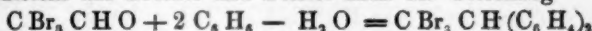
wobei zur Erzeugung des einfarbigen Lichtes eine Lithium-Natrium- und Thalliumflamme angewandt wurde.

Schmelzpunkt 89° .

Diphenyltribromaethan (Fig. 4), Taf. V.



entsteht aus Bromal und Benzol nach der Gleichung



Bromal + Benzol - Wasser = Diphenyltribromaethan

Krystallsystem: Monoklinisch.

Axenverhältniß:

$$a : b : c = 1,21416 : 1 : 0,60483$$

$$ac = 100^{\circ} 31', 0.$$

Die vorkommenden Flächen sind:

$$p = \infty P = (a : b : \infty c)$$

$$m = \infty P2 = (a : 2b : \infty c)$$

$$a = \infty P\infty = (a : \infty b : \infty c)$$

$$b = \infty P\infty = (\infty a : b : \infty c)$$

$$d = P\infty = (\infty a : b : c)$$

$$x = 4P\infty = (a' : \infty b : 4c).$$

Die gelblichen, durchsichtigen Krystalle, ohne herrschende Spaltungsrichtung, bis zu 6 Mm. lang, sind theils nach dem Orthopinakoid, theils nach der Symmetrieebene dünntafelartig ausgebildet. Die Flächen, an allen untersuchten Krystallen vollzählig auftretend, sind ziemlich glatt und glänzend.

1) Pogg. Ann. Bd. CXLIV, S. 40.

Winkeltabelle.

	Berechnet	Gemessen
$p : p$ (über α)	$= 79^{\circ} 54',3$	
$p : a$	$= 129^{\circ} 57',3$	$130^{\circ} 1'$
$p : b$	$= 140^{\circ} 2',8$	$140^{\circ} 1'$
$p : m$	$= 160^{\circ} 47',2$	$160^{\circ} 44'$
$m : m$ (über a)	$= 118^{\circ} 20'$	
$m : a$	$= *$	$149^{\circ} 10'$
$m : b$	$= 120^{\circ} 50'$	$120^{\circ} 45'$
$d : d$ (über c)	$= *$	$118^{\circ} 31'$
$b : d$	$= 120^{\circ} 44',5$	$120^{\circ} 44',5$
$a : d$ (vorn)	$= *$	$99^{\circ} 1',5$
$p : d$ (vorn)	$= 119^{\circ} 30',7$	
$p : d$ (hinten)	$= 106^{\circ} 55',5$	
$m : d$ (vorn)	$= 113^{\circ} 22',2$	$113^{\circ} 24'$
$m : d$ (hinten)	$= 97^{\circ} 18',8$	$97^{\circ} 20'$
$a : x$	$= 151^{\circ} 29',3$	$151^{\circ} 6'$ appr.

Die optische Axenebene ist die Symmetrieebene, durch das Aethapinakoid ist eine Axe sichtbar. Die Doppelbrechung ist schwach und positiv. Durch Stauroskopmessungen bestimmt, bildet die Axe der größten Elasticität in der Symmetrieebene mit der Querfläche für

roth $= 12^{\circ} 16'$

gelb $= 11^{\circ} 13'$

grün $= 9^{\circ} 51'$

derart, wie es Fig. 5, Taf. V veranschaulicht.

Der spitze scheinbare Winkel der optischen Axen in Luft wurde gefunden für

roth $= 111^{\circ} 17'$

gelb $= 110^{\circ} 0'$

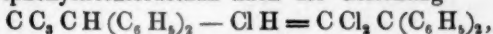
grün $= 109^{\circ} 23'$

Schmelzpunkt 89° .

Der dem Diphenyltribromaethan entsprechende Chlorkörper, das Diphenyltrichloraethan, aus Choral und Benzol entstanden, konnte leider bisher noch nicht in meßbaren Krystallen erhalten werden, sondern aus den verschiedenen

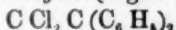
Lösungsmitteln nur in kleinen, dünnen Blättchen von rhombischem Umriss. Der Winkel desselben wurde unter dem Mikroskop zu ungefähr 100° gefunden, also gleich der Axenschiefe beim Diphenyltribromaethan. Da überdies die Auslöschungsrichtungen im polarisirten Lichte in den Blättchen sich schiefliegend zeigten, so liegt die Vermuthung nahe, daß die Blättchen des Diphenyltrichloraethan, monoklinisch, nach der Symmetrieebene ausgebildet sind und zwar mit gleicher Axenschiefe, wie das Diphenyltribromaethan, wahrscheinlich also mit diesem isomorph.

Durch Kochen mit alkoholischer Kalilauge zersetzt sich das Diphenyltrichloraethan nach der Gleichung



das heißt, es entsteht unter Austritt von Salzsäure, die mit der Kalilauge Chlorkalium und Wasser bildet, das

Diphenyltrichloraethylen (Fig. 6 bis 9, Taf. V),



Krystallsystem: Monoklinisch

Axenverhältniß:

$$a : b : c = 1,3367 : 1 : 1,7588$$

$$ac = 119^\circ 46'$$

Beobachtet wurde

$$c = oP = (\infty a : \infty b : c)$$

$$a = \infty P\infty = (a : \infty b : \infty c)$$

$$x = +\frac{1}{2}P\infty = (a' : \infty b : \frac{1}{2}c)$$

$$o = +P = (a' : b : c)$$

$$s = +\frac{2}{3}P = (a' : b : \frac{2}{3}c)$$

$$n = +2P4 = (4a' : b : 2c).$$

Die Krystalle, nach der Symmetrieeaxe ausgedehnt, spaltbar nach der Basis, erscheinen aus verschiedenen Lösungsmitteln von verschiedenem Habitus, am geeignetsten zur Messung aus kalter, nicht zu concentrirter alkoholischer Lösung, und zwar in gelblichen, durchsichtigen, 2 bis 3 Mm. langen Individuen. Alle Krystalle, aus allen Lösungen, die ich beobachtete, sind Zwillinge nach der Basis, während Fig. 6 und 7, Taf. V eine schiefe Projection von vorn

und eine gerade Projection auf die Symmetrieebene nur einen idealen einfachen Krystall darstellen. Die Individuen bilden nun theils Aneinanderverwachsungs-, theils Durchkreuzungszwillinge, wie Fig. 8 und 9 in geraden Projectionen auf die Symmetrieebene veranschaulichen. Bei den Aneinanderwachsungszwillingen dehnen sich die Flächen x und \bar{x} so aus, daß sie in einer Kante zusammenstoßen und die Flächen a und \bar{a} zwischen ihnen ganz verschwinden und damit auch der einspringende Winkel.

Die Flächen an den Polen der Symmetrieaxe, also die Hemipyramiden o , n und s , sind entweder so gewölbt und in einander übergehend, daß es schwer hält, den Zwilling zu erkennen, oder die Flächen des einen Individuums sind so auf Kosten der des anderen ausgedehnt, daß der Krystall wie ein einfacher erschiene, wenn nicht die Winkel der Horizontalzone den Zwilling verriethen. Bei den Durchkreuzungszwillingen sind die über Kreuz zusammengehörigen Individuen soweit nach der Zwillingsfläche parallelverschoben, daß die Verbindungsebene zwischen den Flächen x und \bar{x} äußerst schmal werden kann, so daß die neben einander liegenden Partien verwachsen erscheinen mit der Ebene senkrecht zur Zwillingsfläche.

Die Winkel am einfachen Krystall sind:

	Berechnet	Gemessen
$a : c$	= *	119° 46'
$c : x$	= 139° 42'	139° 36'
$o : c$	= *	100° 17'
$n : c$	= 102 14	101 59' appr.
$s : c$	= 113 55,7	113 40' appr.
$s : o$	= 166 21,3	166 43' appr.
$o : a$	= *	115 0'
$n : a$	= 92 53,8	
$o : n$	= 145° 15,7	
$o' : n$ (seitl.)	= 127 49,7	127° 45' appr.
$o : o$ (Symm.)	= 78 1,3	
$n : n$ (Symm.)	= 32 15'	
$s : s$ (Symm.)	= 85 55,7	

Am Zwilling ist:

$$a : a = 120^{\circ} 28'$$

$$x : x = 80 \ 36'$$

Die Doppelbrechung ist mäßig stark und negativ. Die Ebene der optischen Axen steht senkrecht zur Symmetrieebene, fast normal zur Basis, und die erste Mittellinie senkrecht zur Symmetrieaxe. Das Innere des Krystalls ist stets erfüllt mit Zwillingslamellen, so daß die Interferenzerscheinungen der Axen sehr gestört sind und nur approximativ der spitze scheinbare Axenwinkel in Luft

$$\text{für roth} = 29^{\circ} 38'$$

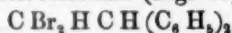
$$\text{gelb} = 30 \ 50'$$

$$\text{grün} = 31 \ 12'$$

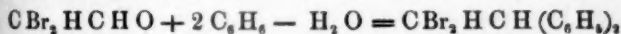
bestimmt werden konnte.

Schmelzpunkt 79° .

Diphenyldibromaethan (Fig. 10, Taf. V).



entsteht aus Dibromaldehyd und Benzol unter Wasserabspaltung nach der Gleichung



Dibromaldehyd + Benzol — Wasser = Diphenyldibromaethan

Krystallsystem: Monoklinisch.

Axenverhältniß:

$$a : b : c = 1,2221 : 1 : 0,42465$$

$$ac = 105^{\circ} 21',7.$$

Es wurde nur

$$p = \infty P = (a : b : \infty c)$$

$$a = \infty P = (a : \infty b : \infty c)$$

$$d = P\infty = (\infty a : b : c)$$

beobachtet.

Die äußerst kleinen, farblosen, durchsichtigen Krystalle, ohne Spaltungsrichtung, sind nach dem Prisma dünnsäulenförmig ausgebildet. Es beträgt:

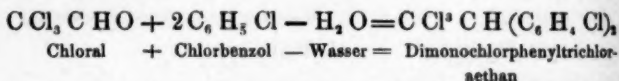
	Berechnet	Gemessen
$p : p$ (über a)	$= 80^{\circ} 38'$	
$p : p$ (über b)	$= *$	$99^{\circ} 22'$
$p : a$	$= 130^{\circ} 19'$	$130^{\circ} 20'$
$d : d$ (über c)	$= *$	$135^{\circ} 28'$
$p : d$ (vorn)	$= *$	$116^{\circ} 35'$
$p : d$ (hinten)	$= 97^{\circ} 29',3$	$97^{\circ} 26'$

Die optische Axenebene steht senkrecht zur Symmetrieebene, und ist steiler nach vorn geneigt als die Kante des Klinodomas. Durch jede Prismenfläche ist eine Axe sichtbar. Genauere Bestimmungen gestattete die Kleinheit der vorliegenden Krystalle nicht, da die erste Mittellinie beträchtlich schief zu der in der Symmetrieebene liegenden Normale zur Vertikale steht.

Schmelzpunkt 80° .

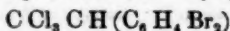
Es folgen nun einige Körper von analoger Zusammensetzung, die sich aber dadurch von den zuerst betrachteten unterscheiden, daß im aromatischen Kohlenwasserstoff ein oder mehrere Wasserstoffatome durch andere Atome oder Atomgruppen vertreten sind.

Das Dimonochlorphenyltrichloraethan, entstanden nach der Gleichung



ist leider bis jetzt noch nicht in Krystallen erhalten worden, die zu Messungen geeignet wären; dagegen krystallisiert schön das

Dimonobromphenyltrichloraethan (Fig. 11, Taf. V).



Krystallsystem: Rhombisch.

Axenverhältniß:

$$a : b : c = 0,51026 : 1 : 0,40431.$$

Die vorkommenden Flächen sind

$$p = \infty P = (a : b : \infty c)$$

$$b = \infty \check{P} \infty = (\infty a : b : \infty c)$$

$$m = \infty \check{P} 2 = (2a : b : \infty c)$$

$$o = P = (a : b : c)$$

Die farblosen, durchsichtigen Krystalle, ohne Spaltungsrichtung, sind dünnprismatisch, unter Vorherrschen des Brachypinakoïdes ausgebildet, die Pyramidenflächen analog einer spheuoïdischen Hemiëdrie in den abwechselnden Octanten ausgedehnter, als in den anderen.

Gefunden wurde:

	Berechnet	Gemessen
$p : p$ (über a)	$= 125^{\circ} 56'$	$125^{\circ} 56'$
$b : p$	$=$	$117 \quad 2'$
$m : m$ (über a)	$= 88 \quad 50',3$	
$b : m$	$= 135 \quad 34',8$	135 appr.
$m : p$	$= 161 \quad 27',2$	162 appr.
$o : o$ (brachyd.)	$=$	$144 \quad 50'$
$o : b$	$= 107 \quad 35'$	$107 \quad 35'$
$o : o$ (makrod.)	$= 107 \quad 24'$	$107 \quad 16'$
$o : p$	$= 131 \quad 39',3$	$131 \quad 46'$

Die Basis ist die Ebene der optischen Axen, die Makrodiagonale die erste Mittellinie, so daß durch das Brachypinakoïd die Axen in Luft sichtbar sind, und der spitze scheinbare Winkel

$$\text{für roth} = 61^{\circ} 36'$$

$$\text{gelb} = 62 \quad 12'$$

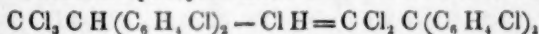
$$\text{grün} = 62 \quad 36'$$

gefunden wurde.

Die Doppelbrechung ist stark und positiv.

Schmelzpunkt 139° bis 141° .

Durch Kochen mit alkoholischer Kalilauge erhält man aus Dimonochlorphenyltrichloraethan nach der Gleichung



das Dimonochlorphenyldichloraethylen und analog aus Dimonobromphenyltrichloraethan das Dimonobromphenyldichloraethylen.

Dimonochlorphenyldichloraethylen (Fig. 12, Taf. V).

Krystallsystem: Rombisch.

Axenverhältniſs:

$$a : b : c = 0,42456 : 1 : 0,51222.$$

Die beobachteten Flächen sind:

$$p = \infty P = (a : b \infty c)$$

$$n = \infty \check{P}^{\frac{2}{3}}_7 = (\frac{2}{3}a : b : \infty c)$$

$$m = \infty \check{P}^{\frac{1}{4}}_4 = (\frac{1}{4}a : b : \infty c)$$

$$b = \infty \check{P}^{\infty} = (\infty a : b : \infty c)$$

$$o = \check{P}^2 = (2a : b : c)$$

$$r = \frac{1}{2}P = (2a : 2b : c)$$

$$x = \frac{1}{2}\check{P}^{\frac{2}{3}}_7 = (2a : \frac{1}{2}b : c)$$

$$s = \frac{1}{2}\check{P}^{\frac{1}{4}}_4 = (2a : \frac{1}{2}b : c)$$

$$t = 8\check{P}^{16} = (2a : \frac{1}{8}b : c).$$

Farblose, durchsichtige Krystalle, mit vorherrschender Prismenzone, von 1 bis 2 Mm. Länge, ohne deutliche Spaltungsrichtung. Die Prismenzone, wie die Pyramidenzone, sind stark gestreift parallel der Zonenaxe.

Winkeltabelle.

	Berechnet	Gemessen
$p : p$ (über a)	$= 133^{\circ} 59',7$	
$b : p$	$= 113 \quad 0',8$	
$p : n$	$= 177 \quad 4',2$	177°
$n : n$ (über a)	$= 128 \quad 14'$	$128 \quad 12'$
$n : b$	$= \quad \quad *$	$115 \quad 53'$
$m : m$ (über a)	$= 152 \quad 43',7$	
$m : n$	$= 167 \quad 31',2$	$167 \quad 30'$
$m : p$	$= 170 \quad 38'$	
$o : o$ (brachyd.)	$= 132 \quad 38'$	$132 \quad 38'$
$o : o$ (makrod.)	$= 123 \quad 32',3$	$123 \quad 40'$
$o : b$	$= \quad \quad *$	$113 \quad 41'$
$o : n$	$= 126 \quad 57'$	$127 \quad 2'$
$o : m$	$= 123 \quad 40',2$	$123 \quad 30' \text{ appr.}$

	Berechnet	Gemessen
$o : p$	$= 126 \ 19',5$	$126 \ 10' \text{ appr.}$
$r : b$	$= 102 \ 22',2$	$102 \ 21'$
$o : r$	$= 168 \ 41',2$	$168 \ 40'$
$r : r$ (brachyd.)	$= 155 \ 15',7$	$155 \ 18'$
$r : r$ (makrod.)	$= 119 \ 23',7$	
$x : b$	$= 104 \ 4',3$	
$x : r$	$= 178 \ 17',8$	
$x : o$	$= 170 \ 23',3$	$170 \ 20'$
$x : x$ (brachyd.)	$= 151 \ 51',3$	
$x : x$ (makrod.)	$= 119 \ 51',7$	
$o : s$	$= 172 \ 37'$	$172 \ 30'$
$s : b$	$= 106 \ 18'$	
$s : x$	$= 177 \ 46',3$	
$s : s$ (brachyd.)	$= 147 \ 24'$	
$s : s$ (makrod.)	$= 120 \ 33',3$	
$o : t$	$= 129 \ 35',3$	130 appr.
$t : b$	$= 164 \ 5',7$	$163 \ 50' \text{ appr.}$
$t : t$ (brachyd.)	$= 31 \ 48',7$	
$t : t$ (makrod.)	$= 163 \ 43',7$	

Die Ebene der optischen Axen ist das Brachypinakoid die erste Mittellinie die Brachydiagonale. Die Doppelbrechung ist mäßig stark und positiv, die Dispersion der Axen sehr beträchtlich. Der spitze scheinbare Axenwinkel in Luft beträgt für

roth $= 33^\circ 32'$

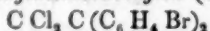
gelb $= 34 \ 28$

grün $= 38 \ 57$.

Der stumpfe Axenwinkel ist so groß, daß er auch in Oel nicht mehr gemessen werden konnte.

Schmelzpunkt 89° .

Dimonobromphenyldichloraethylen (Fig. 13, Taf. V.)



Krystallsystem: Rhombisch.

Axenverhältniß:

$$a : b : c = 0,42106 : 1 : 0,52060.$$

Beobachtet wurde:

$$p = \infty P = (a : b : \infty c)$$

$$n = \infty \tilde{P} \frac{2}{3} = (\frac{2}{3} a : b : \infty c)$$

$$m = \infty \tilde{P} \frac{1}{2} = (\frac{1}{2} a : b : \infty c)$$

$$b = \infty \tilde{P} \infty = (\infty a : b : \infty c)$$

$$d = \frac{1}{2} \tilde{P} \infty = (2a : \infty b : c)$$

$$o = \tilde{P} 2 = (2a : b : c)$$

$$u = \frac{1}{4} \tilde{P} \frac{1}{2} = (2a : \frac{1}{2} b : c).$$

Die Krystalle sind vom selben Habitus und haben dieselbe Streifung, wie die des analogen Chlorkörpers; nur sind alle mir vorliegenden viel kleiner als die des letzteren und selten bis 1 Mm. lang.

Winkeltabelle.

	Berechnet	Gemessen
$p : p$ (über a)	$= 134^{\circ} 20'$	
$b : p$	$= 112 \ 50'$	
$p : n$	$= 177 \ 8'$	177° appr.
$n : n$ (über a)	$= *$	$128 \ 36'$
$b : n$	$= 115 \ 42'$	$115 \ 42'$
$m : m$ (über a)	$= 152 \ 56',7$	
$m : b$	$= 103 \ 31',7$	$103 \ 35'$
$m : n$	$= 167 \ 49',7$	$167 \ 53'$
$o : o$ (brachyd.)	$= 132 \ 14'$	$132 \ 12'$
$o : o$ (makrod.)	$= 122 \ 31',3$	$122 \ 28'$
$o : b$	$= *$	$113 \ 53'$
$o : p$	$= 126 \ 53',2$	
$o : n$	$= 127 \ 30',3$	$127 \ 27'$
$o : m$	$= 124 \ 12',5$	
$d : o$	$= 156 \ 7'$	$156 \ 3'$
$u : b$	$= 127 \ 46',3$	$127 \ 43'$
$u : o$	$= 166 \ 6',7$	$166 \ 10'$
$u : u$ (brachyd.)	$= 104 \ 27',3$	
$u : u$ (makrod.)	$= 130 \ 52',7$	

Die optische Axenebene ist die Basis, die erste Mittellinie die Brachydiagonale. Die Doppelbrechung ist mäßig stark und positiv, die Dispersion der Axen sehr bedeutend. Der spitze scheinbare Axenwinkel in Luft wurde gemessen für

$$\text{roth} = 37^{\circ} 28'$$

$$\text{gelb} = 34^{\circ} 22'$$

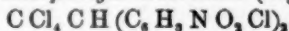
$$\text{grün} = 29^{\circ} 31'.$$

Der stumpfe Axenwinkel ist auch in Oel nicht mehr meßbar.

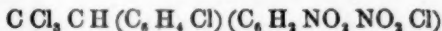
Schmelzpunkt 119 bis 120°.

Wenn man auf Dimonochlorphenyltrichloraethan rauchende Salpetersäure in der Wärme einwirken läßt, so erhält man

Binitrodimonochlorphenyltrichlorethan (Fig. 14, Taf. V)



oder



wobei es nach Dr. Zeidler noch unentschieden gelassen werden muß, welche von beiden Formeln dem Körper zukommt.

Krystallsystem: Monoklinisch.

Axenverhältniß:

$$a : b = 1,3104 : 1$$

$$ac = 110^{\circ} 35'.$$

Es treten nur auf die Flächen

$$p = \infty P = (a : b : \infty c)$$

$$m = \infty P 50 = (a : 50 b : \infty c)$$

$$c = 0 P = (\infty a : \infty b : c).$$

Das Prisma *m* ist nicht, wie man wegen des hohen Coëfficienten vermuthen konnte, durch Wölbung des Orthopinakoides entstanden, sondern bildet zwar schmale, aber glänzende, scharf begränzte Flächen, die an allen untersuchten Krystallen beobachtet wurden.

Die Krystalle sind ziemlich durchsichtig, kurzprismatisch, kaum bis 1 Mm. lang und von dunkelgelber Farbe, wie sie so charakteristisch für die meisten Nitroderivate ist.

Die Winkel betragen

	Berechnet	Gemessen
$p : p$ (über a)	$= 78^{\circ} 21'$	
$p : p$ (über b)	$= "$	$101^{\circ} 39'$
$c : p$	$= "$	$102^{\circ} 50'$
$m : m$ (über a)	$= 177^{\circ} 11',3$	$177^{\circ} 9'$
$m : p$	$= 130^{\circ} 35',3$	$130^{\circ} 34'$
$c : m$	$= 110^{\circ} 34',3$	$110^{\circ} 36'$

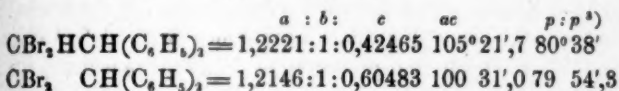
Die Symmetricebene ist die optische Axenebene. Die Axe der größten Elasticität bildet darin mit der Quersfläche einen Winkel von beiläufig $28^{\circ} 22'$, in der Lage wie Fig. 15, Taf. V zeigt und ist die erste Mittellinie. Doppelbrechung stark und negativ; Dispersion der Axen $\rho < \sigma$. Der spitze scheinbare Winkel der optischen Axen in Luft wurde approximativ zu 58° bestimmt.

Wenn alle Verbindungen von Aldehyden mit aromatischen Kohlenwasserstoffen, die bis jetzt dargestellt worden sind, in so gut meßbaren Krystallen erhalten werden könnten, wie die vorliegend beschriebenen Körper, so würden unzweifelhaft durch das Studium derselben unsere bisherigen Kenntnisse über den Zusammenhang zwischen Krystallform und chemischer Constitution nicht unerheblich gefördert werden, indem zwischen den einzelnen Verbindungen die mannigfaltigsten Beziehungen und Verwandtschaften stattfinden. So aber sind die obigen Untersuchungen wenig mehr als ein Beitrag zu dem umfangreichen Material zahlreicher Detailbestimmungen, die allein die Grundlage zur weiteren Erkenntniß auf diesem ebenso interessanten, als noch wenig erforschten Felde bilden können. Indes soll im Folgenden noch auf die krystallographischen Gesetzmäßigkeiten hingewiesen werden, die sich bei den oben beschriebenen Verbindungen zeigen.

Zunächst finden wir Beispiele von gesetzmäßigen krystallographischen Relationen, wie sie bereits von Groth

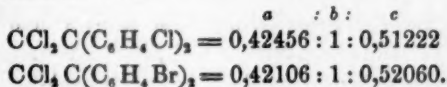
an Benzolderivaten ¹⁾, und von mir an Naphtalinderivaten ²⁾ nachgewiesen worden sind.

Das Diphenyldibromäthan und das Diphenyltribromäthan unterscheiden sich in ihrer chemischen Constitution nur dadurch, daß das eine im Aldehydrest ein Wasserstoffatom mehr, als das andere durch ein Bromatom ersetzt enthält. Beide Körper sind monoklinisch und wenn man ihre Formen mit einander vergleicht:



so sieht man, daß die Winkel der Prismenzone bei dem Eintritt eines weiteren Bromatoms unverändert geblieben sind. In der Weise ausgedrückt, wie es Groth gelegentlich seiner Untersuchungen über die Benzolderivate eingeführt hat: es ist die Krystallform des Diphenyltribromethans das Resultat einer morphotropischen Wirkung auf das Diphenyldibromethan durch den wasserstoffsostituirenden Eintritt eines Bromatoms; und zwar sehen wir, daß die morphotropische Einwirkung des Broms sich nur auf gewisse krystallographische Richtungen erstreckt hat, während die Winkel einer Krystallzone ganz nahe gleich geblieben sind, ganz analog wie bei den Benzol- und Naphtalinderivaten.

Das Dimonochlorphenyldichloraethylen und das Dimonobromphenyldichloraethylen sind beide rhombisch und isomorph, wie ein Blick auf ihre Winkeltabellen lehrt; die Axenverhältnisse sind:



Da überdies bei beiden Körpern dieselben selteneren Parameterverhältnisse vorkommen, so unterliegt ihre Iso-

1) Mon.-Ber. der Berliner Akad. der Wiss. 1870, 247. Pogg. Ann. Bd. CXLI, S. 31.

2) Pogg. Ann. Ergänzungsbd. VI.

3) Der vordere Kantenwinkel des primären Prismas.

morphie keinem Zweifel. Beide Verbindungen sind entstanden zu denken aus Diphenyldichloraethylen, durch den wasserstoffsostituirenden Eintritt je eines Chlor- resp. Bromatomes in die Phenylgruppen. Die morphotropische Wirkung der Salzbildner ist hier augenscheinlich eine complicirtere, indem aus dem monoklinen Diphenyldichloraethylen rhombische Körper entstehen, die mit dem ersteren in der Ausbildung, wie sie die zur Untersuchung vorliegenden Krystalle besaßen, keine homologen Krystallwinkel mehr aufweisen. Jedenfalls aber sehen wir, daß Chlor und Brom gleiche morphotropische Wirkung ausüben, indem isomorphe Verbindungen entstehen, Chlor und Brom sind also isomorphotrop in Bezug auf Diphenyldichloraethylen.

Leider waren nur in diesem einen Fall der Chlor- und der entsprechende Bromkörper beide gut meßbar, sonst nur einer von beiden. Es ist aber nach der Isomorphie der eben angeführten Körper auch die Isomorphie zwischen Diphenyltrichloraethan und Diphenyltribromaethan anzunehmen, wofür außerdem die unvollständigen Messungen des Diphenyltrichloraethans (siehe oben) sprechen.

Die morphotropische Wirkung des Broms auf das Diphenyltrichloraethan durch Wasserstoffsstitution im Benzolrest ist eine solche, daß ein rhombischer Körper, das Dimonobromphenyltrichloraethan, entsteht, ohne Erhaltung auffallender Aehnlichkeiten der Krystallwinkel zwischen dem neuen und dem Grundkörper.

Fassen wir die an den untersuchten Verbindungen auftretenden Beziehungen zusammen, so zeigt sich folgendes:

Bei Verbindungen von Aldehyden mit aromatischen Kohlenwasserstoffen entstehen immer monokline Körper, wenn die aromatische Kohlenwasserstoffgruppe die ursprünglichen Wasserstoffatome ohne Substitution enthält, während im Aldehyd beliebig viel Wasserstoffatome durch Chlor- oder Bromatome ersetzt seyn können, wobei zwischen zwei Körpern, von denen der eine ein Wasserstoffatom mehr als der andere durch einen Salzbildener substituirt enthält,

morp
die s
durch
bisch
gen
cul d
Brom
dung

A
Will
Hrn.
Univ
einer
I
Will
welc
stit
an d
und
linge
sich
zwei
zu j
auss
73°
je z
mit
linge

morphotropische Beziehungen stattfinden. Enthält dagegen die aromatische Kohlenwasserstoffgruppe Wasserstoffatome durch Chlor- oder Bromatome ersetzt, so resultiren rhombische Körper. Bei analogen Chlor- und Bromverbindungen treten Chlor und Brom an derselben Stelle im Molecul ein, es entstehen isomorphe Verbindungen, Chlor und Brom sind also isomorphotrop in Bezug auf jene Verbindungen.

4. Ueber eine Zwillingungsverwachsung des Willemits;
von Dr. A. Arzruni aus Tiflis.

Auf einer, vom Altenberge bei Aachen herstammenden Willemitstufe, welche sich in der Sammlung des Bergraths Hrn. Max Braun, nunmehr im Besitz der Straßburger Universität befindet, fand ich mehrere Zwillinge, von denen einer herabgenommen und gemessen wurde

Legt man mit Des Cloizeaux und Dana für den Willemit das Axenverhältniß $a : c = 1 : 0,67378$ zu Grunde, welches sich auf das vorherrschende Rhomboëder des Troostit von New-Jersey bezieht, so sind die Formen, welche an den Altenberger Krystallen auftreten, bekanntlich ∞R und $\frac{3}{4}R$, die sich auch an den in Rede stehenden Zwillingen durch Messung constatiren ließen. Ferner ergab sich, daß die Zwillingsebene eine Fläche der Pyramide zweiter Ordnung $\frac{3}{2}P2$, und die Verwachsungsebene die zu jener normale Ebene sey. Zwei mit einander einen ausspringenden Winkel bildende Prismenflächen sind unter $73^{\circ} 11'$ gegen einander geneigt (gemessen $73^{\circ} 19'$), während je zwei in eine Ebene fallen. Die Zwillingsskrystalle waren mit dem Ende des ausspringenden Winkels, resp. der Zwillingfläche aufgewachsen.

5. Optische Untersuchung des Terpentinsäurehydrates;
von Dr. A. Arzruni.

Literatur: Rammelsberg, *krystallogr. Chemie*, S. 406 und Suppl. S. 227.

Grailich und von Lang, *Sitzungsber. der Wien. Akad.* Bd. 27, S. 64.

Des Cloizeaux, *Nouv. Recherches*, S. 100.

Schöne wasserhelle Krystalle, aus der Sammlung des Hrn. Prof. Groth, wurden zu einer vollständigen Bestimmung der optischen Constanten und zu einigen neuen Messungen der Kantenwinkel benutzt. Die Krystalle hatten den gewöhnlichen Habitus und zeigten folgende Flächen:

$$m = \infty P, \quad p = P, \quad b = \infty \check{P} \infty, \quad q = \check{P} \infty.$$

Die Messungen ergaben, verglichen mit den berechneten Zahlen des Hrn. Rammelsberg:

	ber. Rammelsb.	ber. Arzruni.	beob. Arzruni.
$m:m$ an a	$= 102^{\circ} 23'$	—	$* 102^{\circ} 10' 40''$
$m:m$ an b	$= 77 \ 37$	—	$77 \ 49 \ 20$
$m:p$	$= 126 \ 58$	$127^{\circ} 10' 45''$	$127 \ 10 \ 20$
$p:p$ (Basisk.)	$= 73 \ 56$	—	$* 74 \ 21 \ 30$
$p:p$ (makr. Polk.)	$= 124 \ 7$	$123 \ 55 \ 0$	$123 \ 51 \ 30$
$p:p$ (brach. „)	$= 135 \ 43$	$135 \ 23 \ 10$	$135 \ 21 \ 30$
$p:q$	$= 152 \ 3\frac{1}{2}$	$151 \ 57 \ 30$	$151 \ 58 \ 30.$

Aus den mit * bezeichneten Messungen leitet sich das Axenverhältniß ab

$$a:b:c = 0,80722:1:0,47640.$$

Die Uebereinstimmung der daraus berechneten Winkel mit den gemessenen beweist, daß dasselbe genauer ist, als das von Hrn. Rammelsberg angenommene

$$a:b:c = 0,8042:1:0,4717,$$

welches sich auf die Messungen $m:m = 77^{\circ} 37'$ und $o:m = 126^{\circ} 58'$ (die einzigen, welche er anführt) stützt.

Die optische Axenebene ist nach den Angaben von Des Cloizeaux, Grailich und von Lang die Fläche $\infty \check{P} \infty$, die Axe a die erste Mittellinie.

Die optische Untersuchung erstreckte sich auf die Bestimmung des Hauptbrechungsindex und auf eine neue Messung der optischen Axen in Oel. Die erstere ergab:

	$\alpha =$	$\beta =$	$\gamma =$
Li-Licht	1,5024	1,5093	1,5211
Na- „	1,5049	1,5124	1,5243
Tl- „	1,5073	1,5148	1,5272.

Aus diesen Daten folgt der Winkel der optischen Axen:

für Li-Licht	= 76° 8'
„ Na „	= 77 28
„ Tl „	= 76 12.

Es wurden ferner directe Bestimmungen des wahren Axenwinkels ausgeführt, indem eine Platte, senkrecht zur ersten Mittellinie und eine solche, senkrecht zur Halbirenden des stumpfen Winkels der Axen, geschliffen und beide Axenwinkel in Oel gemessen wurden. Dabei ergab sich, in Uebereinstimmung mit Hrn. Des Cloizeaux's Angaben, $\varrho > \sigma$; Hr. von Lang nimmt irrthümlich $\varrho < \sigma$ an. Die Dispersion der Axen ist indess, wie man aus den folgenden Messungen ersieht, außerordentlich gering. Der Charakter der Doppelbrechung ist positiv. Es wurde beobachtet:

	Spitz. Axenw. i. Oel	Stumpf. Axenw. i. Oel
für Li:	80° 20'	106° 39'
„ Na:	80 12½	106 53
„ Tl:	80 5	107 8.

Daraus folgt der wahre Axenwinkel:

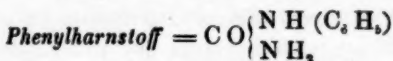
für Li:	77° 37'
„ Na:	77 27
„ Tl:	77 18.

Vergleicht man diese letzteren Werthe mit den aus den Brechungsopponenten berechneten, welche bekanntlich viel weniger genau sind ¹⁾, so sieht man, daß die Bestimmungen

1) Die gleiche Genauigkeit wurde eine solche der Bestimmung der Brechungsquotienten bis auf einige Einheiten der 5. Decimale erfordert haben, während nach Maafgabe der Beschaffenheit der Prismen und der Genauigkeit des benutzten Instrumentes (des kleinen Goniometers am Groth'schen Apparat) bereits die 4. Decimale mit einem wahrscheinlichen Fehler von 1 bis 2 Einheiten behaftet ist.

für Natriumlicht fast absolut übereinstimmen, während die für Lithium und Thallium beträchtlich abweichen. Diefes erklärt sich daraus, daß die Einstellung des Spaltbildes beim Messen der Brechungsindices, in letzteren Fällen wegen des schnellen Verlöschens der gefärbten Flammen, bedingt durch die größere Flüchtigkeit der betreffenden Salze, weit weniger genau vorgenommen werden kann, als bei der sehr constant leuchtenden gelben Natriumflamme möglich ist.

6. Krystallographische und optische Untersuchung einiger harnstoffartiger Körper; von Dr. A. Arzruni.



Krystalle von Hrn. A. W. Hofmann.

Krystalssystem: *monoklinisch.*

Beobachtete Flächen:

$$a = \infty P \infty, c = 0 P, d = -P \infty, m = \infty P, n = \infty P^2.$$

Die Krystalle, Fig. 16, Taf. V, sind tafelartig ausgebildet durch Vorherrschen von *a* und nach derselben Fläche sehr vollkommen spaltbar.

Axenverhältnifs (*a* = Klinod., *c* = Verticalaxe):

$$a : b : c = 1,291 : 1 : 0,368$$

$$\beta = 94^\circ 20'$$

Kantenw.	beobacht.	berechn.
<i>a</i> : <i>m</i>	= * 127° 52'	—
<i>m</i> : <i>m</i>	= 104 1	104° 16'
<i>a</i> : <i>d</i>	= * 109 45	—
<i>a</i> : <i>c</i>	= * 94 20	—
<i>c</i> : <i>d</i>	= 164 51	164 35
<i>n</i> : <i>n</i>	= 137 23	137 30
<i>n</i> : <i>m</i>	= 163 48	163 23
<i>n</i> : <i>d</i>	= 111 39	111 15.

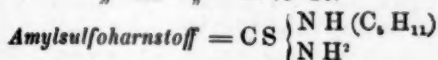
Optisches Verhalten: Ebene der optischen Axen senkrecht zur Symmetrieebene; ihre erste Mittellinie (das Diagramm nach der Symmetrieebene Fig. 17, Taf. V zeigt ihre Lage *M*) bildet mit der Normalen zu $\infty P \infty(a)$ 12° (rothes

Glas) und 11° (blaues Glas). Damit übereinstimmend sind die Erscheinungen der horizontalen Dispersion ziemlich schwach; diejenige der Axen ist stärker und zwar $\varrho > v$.

Scheinbarer Axenwinkel in Luft:

für Li-Licht = $76^\circ 29'$

„ Na- „ = $75^\circ 26'$.



Krystalle von Hrn. A. W. Hofmann.

Krystallsystem: *monoklinisch.*

Beobachtete Flächen:

$$c = 0P, m = \infty P, p = -P, o = \frac{1}{2}P\infty.$$

Habitus flach tafelartig nach $0P$ Fig. 18, Taf. V mit vollkommener Spaltbarkeit nach derselben Fläche, wenig vollkommen nach ∞P .

Axenverhältnisse:

$$a : b : c = 1,1443 : 1 : 0,8421$$

$$\beta = 116^\circ 24' 40''.$$

Kantenw.	beobach.	berechn.
$c : p$	= $130^\circ 56'$	—
$m : c$	= $108^\circ 6'$	—
$p : p$	= $110^\circ 41'$	—
$p : m$	= $156^\circ 58'$	$157^\circ 9'$
$m : m$ vorn	= $88^\circ 31'$	$88^\circ 37'$
$o : c$	= $125^\circ 45'$	$125^\circ 28'$
$o : o$ über c	= $71^\circ 30'$	$70^\circ 57'$

Die Ebene der optischen Axen ist die Symmetrieebene; durch die Platten, parallel der Basis, sowohl in Luft, als in Oel, nur *eine* optische Axe sichtbar, die andere demnach nahezu in der Ebene der Platte.



Krystalle von Hrn. A. W. Hofmann.

Krystallsystem: *monoklinisch.*

Beobachtete Flächen:

$$a = \infty P\infty, b = \infty P\infty, d = -P\infty, e = +P\infty, \\ m = \infty P.$$

Die Krystalle sind lang säulenförmig (s. Fig. 19, Taf. V) nach der Vertikalaxe ausgebildet, ohne deutliche Spaltbarkeit.

Axenverhältniss:

$$a : b : c = 1,724 : 1 : 1,417$$

$$\beta = 97^{\circ} 8\frac{1}{2}'.$$

Kantenw.	beobacht.	berechn.
$a : c$	$= 125^{\circ} 55'$	—
$c : d$	$= 100 \ 21$	$100^{\circ} 25'$
$a : d$	$= 133 \ 42$	—
$n : b$	$= 149 \ 42$	$149 \ 42$
$m : a$	$= 120 \ 22$	$120 \ 9$
$m : m$	$= 60 \ 37$	—

Eine nähere optische Untersuchung war nicht möglich, weil durch das, allein etwas gröfser ausgebildete, Flächenpaar b keine Axe sichtbar war und die grofse Brüchigkeit der Substanz einen Schliff nach anderen Richtungen nicht gestattete.

7. Ueber zwei isomorphe Benzolderivate; von Dr. A. Arzruni.

Die Krystalle der im Folgenden beschriebenen beiden Verbindungen, welche theils ihrer Krystallform, theils ihrer optischen Eigenschaften wegen, einiges Interesse in Anspruch nehmen, wurden dem mineralogischen Institut durch Hrn. Kekulé freundlichst zur Untersuchung überlassen und rühren aus der bekannten Körner'schen Präparatensammlung (im chemischen Institut in Bonn befindlich) her.

Bibromorthonitrophenol $= \text{CH}_3(\text{NO}_2)(\text{HO})\text{Br}_2$.

Von Brunk durch Behandeln von Orthonitrophenol mit Brom erhalten, krystallisirt aus Weingeist in kleinen farblosen Krystallen, die bei 141° schmelzen (Kekulé organ. Chemie, III, 54). Die zur krystallographischen Untersuchung dienenden Krystalle, bereits hellgelb geworden, zeigten den Schmelzpunkt 138° , und waren bis über 10 Mm. hohe und fast ebenso dicke, schön ausgebildete Pyramiden von anscheinend monokliner Form (s. Fig. 20), d. h. einer Combination der zusammengehörigen vordern und hintern

Hemipyramide mit der Basis. Für die Annahme des monoklinen Systems sprechen bei der ersten vorläufigen Betrachtung auch alle optischen Eigenschaften, da Spaltungsplatten nach einem Hemidoma beide Ringsysteme im Polarisationsapparat, etwa gleichweit von der Mitte des Gesichtsfeldes, so gelegen zeigten, daß die optische Axenebene als senkrecht zur Symmetrieebene anzunehmen war. Die genauere Untersuchung zeigte nun aber, daß die Neigung der Basis gegen die Pyramidenflächen rechts und links von der vermeintlichen Symmetrieebene (die durch die Kanten *A* und *B* Fig. 20, Taf. V gelegte Ebene) ein wenig verschieden sey, daß ferner die optische Axenebene zwar nahezu, aber nicht genau, senkrecht zu jener Ebene, daß die 1. Mittellinie nicht in derselben liege, sondern wenig gegen sie geneigt sey, kurz: daß das Krystallsystem dieses Körpers *triklinisch* sey, aber mit so großer Annäherung an das monokline, sowohl in den Winkeln, als in den optischen Eigenschaften, wie sie wohl bisher noch in keiner anderen Substanz beobachtet worden ist. Wie weit diese Annäherung geht, ersieht man aus den folgenden Angaben:

Axenverhältnisse (Brachyd.: Makrod.: Vertikale:

$$a : b : c = 0,6114 : 1 : 1,8241.$$

$$\alpha = 82^\circ 36\frac{1}{2}', \quad \beta = 90^\circ 45', \quad \gamma = 89^\circ 21\frac{1}{2}'$$

$$A = 82^\circ 36\frac{1}{2}', \quad B = 90^\circ 20', \quad C = 89^\circ 15'.$$

Diese Winkel der Axen α , β , γ und der Axenebenen *A*, *B*, *C* gelten für den rechten oberen Oktanten der vorderen Seite. Die beobachteten Flächen sind:

$$c = oP, \quad 'o = 'P, \quad o' = P, \quad ,o = ,P, \quad o, = ,P.$$

Kantenw.	beobachtet	berechnet
'o : c	= *109° 51'	—
o : c	= 109 18	109° 20'
,o : c	= *102 1	—
o' : c	= *102 52½	—
,o : 'o	= 148 18½	148 8
o' : o,	= *147 43	—

Kantenw.	beobachtet	berechnet
' <i>o</i> : <i>o</i> ,	= 107 14	107 0
' <i>o</i> : <i>o</i> '	= *112 51	—
' <i>o</i> : <i>o</i> '	= 119 38½	119 35
<i>o</i> , : <i>o</i>	= 119 30	119 19
<i>c</i> : <i>s</i> (Spaltungsfl.)	= 111 51	112 6.

Spaltbarkeit nach einem, nicht als Krystallfläche auftretenden, linken oberen Hemidoma $s = 2'P, \infty$; sehr vollkommen.

An einem Krystall wurde eine Zwillingsverwachsung nach *oP* und Pyramidenflächen mit der Vertikalaxe $\frac{1}{3}c$ beobachtet; da aber deren Flächen nicht glänzend genug waren, um sehr genaue Messungen anzustellen und da andererseits der ganze Krystall zu dünn tafelarig nach *oP* ausgebildet war, um gespalten und optisch untersucht werden zu können, so mußten die Oktanten, in denen die Tetrapyramiden $\frac{1}{3}P$ auftreten, unbestimmt gelassen werden.

Optische Untersuchung: Dieselbe erstreckte sich lediglich auf Spaltungsplatten nach *s*, da Schlitze nach anderer Richtung wegen der geringen Härte und der vollkommenen Spaltbarkeit nicht ausführbar waren. Denkt man sich eine Spaltungsplatte nach *s* mit dieser Fläche dem Beobachter zugekehrt, so daß oben vorn die *stumpfe* Kante *c* : *s* horizontal liegt, so ist die Lage der optischen Axenebene folgende: sie steht, bis auf $c, \frac{1}{2}^\circ$ genau, senkrecht auf *s*; ihr Durchschnitt mit letzterer ist nicht parallel der Kante *c* : *s*, sondern bildet mit derselben einen Winkel von $6\frac{1}{2}^\circ$ derart, daß beide nach links convergiren. Die erste Mittellinie der optischen Axen, für verschiedene Farben wenig differirend, steht nicht genau senkrecht zur Platte, sondern $3\frac{1}{2}^\circ$ nach links geneigt. Die Axen zeigen eine sehr starke Dispersion $\rho < \sigma$ und außerdem deutlich gekreuzte Dispersion der Axenebenen. Die Axenwinkel in Oel wurden mittelst solcher gespaltenen Platten bestimmt zu:

Li:	46° 40'
Na:	50 57
Tl:	55 0.

Bijodorthonitrophenol = $\text{CH}_2(\text{NO}_2)(\text{HO})\text{J}_3$.

Von Hrn. Körner dargestellt durch Einwirkung von Jod und Jodsäure auf Orthonitrophenol in alkalischer Lösung. Krystallisirt aus Aether in farblosen Prismen, die an der Luft schwefelgelb werden (Kekulé, organ. Chemie, III, 56). Der Schmelzpunkt der mir zur Untersuchung übergebenen Krystalle wurde zu 152° bestimmt.

Diese Verbindung zeigt einen krystallographischen Habitus, welcher mit dem der vorher beschriebenen und ganz analog zusammengesetzten so vollkommen übereinstimmt, daß beide als *isomorph* betrachtet werden müssen. Es treten an den Krystallen außer den beiden Tetartopyramiden 'o und o, und der Basis c (vergl. Fig. 19, Taf. V), welche Flächen ganz ähnliche Winkel einschließen, als bei dem Bromkörper, an der Stelle von 'o und o' flachere Tetartopyramiden $\frac{1}{2}P$ und $\frac{1}{3}P$ auf, wie sie auch an jenem, nur seltener, vorkommen; diese Flächen sind indeß matt und unvollkommen ausgebildet, so daß keine einigermaßen genaue Messungen derselben möglich waren. Zur Bestimmung der krystallographischen Constanten, welche aber wegen der Beschaffenheit der Flächen weniger genau ist, als bei der analogen Bromverbindung, konnten nur 'o, o, c und die Spaltungsfläche dienen. Die Krystalle zeigen nämlich, wie das Bibromorthonitrophenol, eine vollkommene Spaltbarkeit nach einer Fläche s; aber während bei letzterem s mit c einen Winkel von $111^\circ 51'$ (s. oben) einschließt, demnach als ein Hemidoma $2'P\infty$ betrachtet werden mußte, steht hier s fast senkrecht zu c; will man daher die Formen des Bijodorthonitrophenol's auf ein Axenverhältniß beziehen, welches demjenigen des isomorphen Bromkörpers ähnlich ist, so muß man s nicht als Hemidoma, sondern als Brachypinakoid $\infty P\infty$ betrachten. Alsdann ergibt sich:

$$a : b : c = 0,6155 : 1 : 1,6825$$

$$\alpha = 86^\circ 43' \quad \beta = 90^\circ 29' \quad \gamma = 92^\circ 47'$$

$$A = 86 \ 45 \quad B = 90 \ 20 \quad C = 92 \ 55.$$

Die Winkel, aus welchen diese Daten berechnet sind, wurden folgendermaßen gefunden: .

$$c : s = 93^{\circ} 15'$$

$$c : 'o = 109 \ 23$$

$$c : o_1 = 108 \ 8$$

$$'o : o_1 = 106 \ 30$$

$$o_1 : s = 123 \ 26.$$

Die Substanz ist kaum härter als Talk, so daß trotz ihrer vollkommenen Spaltbarkeit die Herstellung der Spaltungsflächen s durch die große Weichheit erheblich erschwert wird.

Die optische Untersuchung wurde auch hier, wie bei dem vorigen Körper, nur mit Spaltungslamellen nach s angestellt, und zeigte, daß auch in optischer Beziehung große Aehnlichkeit zwischen den beiden Verbindungen existirte. Bei der zuerst beschriebenen waren die Axenebenen für verschiedene Farben um nicht unbeträchtliche Winkel gegeneinander gedreht, daher das deutliche Auftreten der gekreuzten Dispersion; bei dem Bijodorthonitrophenol sind nun jene Winkel so bedeutend, daß dasselbe wohl den höchsten, bis jetzt beobachteten, Grad der gekreuzten Dispersion zeigen dürfte. Zur Bestimmung derselben wurde eine Spaltungsplatte in derjenigen Stellung, wie sie beim Bromkörper beschrieben wurde, so daß die stumpfe Kante $c:s$ oben horizontal lag, in homogenem Licht von verschiedener Farbe im verticalen Polarisationsinstrument betrachtet, die Lage beider Axenbilder im Gesichtsfeld mittelst eines Strichmikrometers, dessen Winkelwerth bekannt, bestimmt, in ein Coordinatensystem eingetragen, und daraus graphisch die Lage der optischen Axenebenen und der Halbirenden der optischen Axen abgeleitet.

Hierbei ergaben sich folgende Zahlen, wobei Col. I die Winkel enthält, welche der Durchschnitt der optischen Axenebene und der Spaltungsfläche, mit der Kante $s:c$ (also der Brachydiagonalen) bildet; Col. II den scheinbaren Winkel der optischen Axen in Luft und Col. III den

Winkel
Ebene
nach

H
außer
Viole
persic
ist. S
eine
lenn
betrac
Stellu
zeigt,
circul

IV.

(Das F
ber l
hand
tion
wider
mit
erster

Kir
Sonne
mente
heit d
1) Ab

Winkel, um welchen die Mittellinie der Axen, in einer Ebene, welche sehr nahe senkrecht zur Kante $c:s$ steht, nach unten geneigt ist gegen die Normale zur Krystallplatte.

	I.	II.	III.
Roth (Li):	$45\frac{1}{2}^{\circ}$	$59\frac{1}{2}^{\circ}$	7°
Gelb (Na):	37	$55\frac{1}{2}$	$6\frac{1}{2}^{\circ}$
Grün (Tl):	23	52	8.

Hieraus zu schliessen, würde die Axenebene für das äusserste Roth des Spectrums mit derjenigen für das äusserste Violett einen Winkel von nahe 70° einschliessen; eine Dispersion der Axenebenen, wie sie wohl noch nicht bekannt ist. Sie hat die eigenthümliche Erscheinung zur Folge, daß eine Spaltungsplatte von Bijodorthonitrophenol, im parallelen weissen polarisirten Licht zwischen gekreuzten Nicols betrachtet und in ihrer eigenen Ebene gedreht, bei keiner Stellung dunkel wird, sondern stets eine Interferenzfarbe zeigt, welche gerade so wechselt, wie die Farbe einer circular-polarisirenden Platte beim Drehen eines Nicols.

IV. Ueber den Aggregatzustand der Sonnenflecke; von F. Zöllner.

(Das Folgende ist ein wortgetreuer Abdruck der von mir am 7. November 1873 in der Königl. Sächs. Gesellsch. d. Wiss. vorgetragenen Abhandlung, auf welche sich Hr. Prof. Reye in seiner letzten Publication — diese Ann. Bd. CLI, S. 172 — gelegentlich bezieht. Einer Erwiderung derselben sowie überhaupt einer Fortsetzung der Controverse mit Hrn. Reye halte ich mich auf Grund der am Schlusse meiner ersten Erwiderung abgegebenen Erklärung für überhoben.)

§. 1.

Kirchhoff spricht in den „Untersuchungen über das Sonnenspectrum und die Spectren der chemischen Elemente“¹⁾ seine Anschauung von der physischen Beschaffenheit der Sonne in folgenden Worten aus:

1) Abhandl. d. Kgl. Akad. d. W. zu Berlin 1861, S. 83.

„Die wahrscheinlichste Annahme, die man machen kann, ist die, daß die Sonne aus einem festen oder tropfbarflüssigen, in der höchsten Glühhitze befindlichen Kern besteht, der umgeben ist von einer Atmosphäre von etwas niedrigerer Temperatur“.

„Bei der Sonnenatmosphäre sind es Schichten, die in gewisser Höhe über der Oberfläche des Kernes sich befinden, die das Meiste zur Bildung der dunklen Linien des Spectrums beitragen; *die untersten Schichten nämlich, die nahe dieselbe Temperatur als der Kern besitzen, verändern das Licht dieses wenig, da sie jedem Lichtstrahle den Verlust an Intensität, den sie durch Absorption herbeiführen, durch ihr eigenes Glühen nahe ersetzen*“.

Diese Sätze, welche allen meinen bisherigen Untersuchungen über die physische Beschaffenheit der Sonne zu Grunde liegen, sollen auch den Ausgangspunkt der folgenden Entwicklungen bilden.

Die nächste wahrscheinliche Folgerung, welche sich aus jenen Kirchhoff'schen Sätzen ergibt, besteht darin, daß die über der glühendflüssigen Oberfläche befindliche Atmosphäre in ihren unteren Schichten im Allgemeinen mit einer Nebel- und Wolkendecke erfüllt ist, welche in einer gewissen Höhe über dem glühendflüssigen Meere schwebt.

In der That gewährt die leuchtende Sonnenoberfläche in starken Fernröhren und unter günstigen Luftverhältnissen den Anblick eines Aggregates cumulusartiger Gebilde von leuchtenden Wolken¹⁾.

- 1) „En effet, nous avons dit que la matière lumineuse du Soleil est analogue aux brouillards ou aux nuages; dès lors, il est bien naturel d'admettre que les grains sont les sommets des mamelons arrondis terminant ces masses vaporeuses qui flottent comme nos cumuli, dans l'atmosphère solaire. Rien n'est plus commun, même sur la Terre, que de voir, du sommet d'une montagne, des brouillards et des nuages produire un effet semblable; les dimensions énormes de ces corps solaires, présentant une étendue de plusieurs centaines de kilomètres, ne peuvent que rendre cette explication plus plausible.“ P. Secchi, *Le Soleil* p. 37.

Die *Erkennbarkeit* dieser Wolken ist bedingt durch ihren Helligkeitsunterschied von denjenigen Stellen, welche, von Wolken befreit, uns den Anblick tieferer Schichten oder des glühendflüssigen Kernes gestatten. Jener Helligkeitsunterschied aber, von welchem die Sichtbarkeit der glühenden Wolkengebilde abhängt, ist offenbar an dieselbe Bedingung geknüpft, welche Kirchhoff oben für die glühenden Gasschichten der Sonnenatmosphäre überhaupt ausspricht. Demgemäß läßt sich folgender, für das Verständniß der Vorgänge an der Sonnenoberfläche wichtige Satz allgemein aufstellen:

Wolken in der Sonnenatmosphäre, „die nahe dieselbe Temperatur als der Kern besitzen, verändern das Licht dieses wenig, da sie jedem Lichtstrahle den Verlust an Intensität, den sie durch Absorption herbeiführen, durch ihr eigenes Glühen nahe ersetzen“.

Aus diesem Satze ergibt sich:

Erstens, daß die Wolken in den tieferen Schichten der Sonnenatmosphäre sehr schwer wahrnehmbare Gebilde seyn müssen, da die Wahrnehmbarkeit eines Gegenstandes nur durch Helligkeitsdifferenzen zwischen ihm und seiner Umgebung ermöglicht wird;

Zweitens, daß die Annahme wolkenartiger Verdichtungsproducte und der Nachweis ihrer Entstehung zur Erklärung der Sonnenflecke und ihrer geringeren Helligkeit *allein* nicht ausreichend ist; es muß gleichzeitig eine Ursache nachgewiesen werden, durch welche das betreffende Wolkengebilde dergestalt eine dauernde Temperaturerniedrigung erleidet, daß sich dasselbe durch Verminderung des Emissionsvermögens für Licht und Wärme wochen- und monatelang als *dunkler* Fleck von seiner Umgebung unterscheidet.

§. 2.

Im Allgemeinen sind nur zwei Ursachen denkbar, durch welche ein glühender Körper eine Temperaturerniedrigung erleiden kann, nämlich:

1. durch Leitung bei Berührung mit einem kühleren Körper,

2. durch Ausstrahlung.

Da in der Sonnenatmosphäre die äusseren Schichten die kühleren, die tieferen die heisseren sind, so wäre die erste Art einer localen Abkühlung der leuchtenden Wolkendecke nur dadurch möglich, dass an der betreffenden Stelle durch einen *absteigenden* Luftstrom, kühlere Gasmassen aus höheren Schichten mit den heisseren Wolken in tieferen Schichten in Berührung kämen.

Indessen selbst die Annahme eines solchen permanenten, absteigenden Luftstromes — ganz abgesehen von der Frage nach seiner Ursache — würde, wie mir scheint, *allein* nicht ausreichend seyn, die fragliche Temperaturerniedrigung und dadurch eine hinreichende Verminderung der Lichtemission an der betreffenden Stelle zu erklären. Denn durch jene kühleren und höheren Schichten der Sonnenatmosphäre blicken wir, da sie durchsichtig sind, auf die heissere und tiefere Wolkenschicht. Soll also die Temperatur der letzteren durch Berührung mit den ersteren erniedrigt werden, so kann dieß doch nur wieder auf Kosten einer entsprechenden Temperaturerhöhung der herabströmenden kälteren Gastheile geschehen, die ohnedieß durch Compression beim Herabsteigen in dichtere Schichten eine Temperaturerhöhung erleiden müßten. Hierdurch würde aber die Lichtemission der herabgeströmten Gastheile wieder erhöht, wodurch jedenfalls ein Theil des Lichtverlustes, den sie durch Abkühlung an der tiefer gelegenen Wolkenschicht erzeugen, wieder durch Zunahme ihrer eigenen Lichtentwicklung ersetzt wird. Es dürfte daher auch für diese, in tiefere Schichten herabsteigenden Luftmassen *mutatis mutandis* dasselbe gelten, was oben in den Kirchhoff'schen Sätzen für die unteren Schichten der Sonnenatmosphäre allgemein ausgesprochen wurde; *sie verändern das Licht nur wenig, da sie jedem Lichtstrahle den Verlust an Intensität, den sie durch Abkühlung herbeiführen, durch ihr eigenes Glühen nahe ersetzen.*

A
Satz
2
D
dr
Kö
I
und
achte
lokal
doch
gebe
mon
V
extr
Tem
Niv

1)

Aus diesen Betrachtungen ergibt sich der folgende Satz:

Zur Erklärung einer localen Abkühlung von längerer Dauer an der Sonnenoberfläche muß die Temperaturerniedrigung durch Leitung bei Berührung mit einem kälteren Körper ausgeschlossen werden ').

Denn gesetzt, man leugnete die Richtigkeit dieses Satzes, und wollte die in der That über den Sonnenflecken beobachteten absteigenden Ströme (*down-rush*) als Ursache der lokalen Temperaturerniedrigung betrachten, so wäre man doch wiederum gezwungen, eine bestimmte Ursache anzugeben, durch welche gerade an dieser Stelle wochen- und monatelang absteigende Ströme erzeugt werden.

Verzichtet man hierbei auf die Annahme unbekannter, *extrasolarer* Ursachen, so bleibt nur die Annahme einer Temperaturerniedrigung in den tiefer als das allgemeine Niveau der leuchtenden Wolkendecke gelegenen Schichten

- 1) Es ist selbstverständlich, daß eine locale Abkühlung in der leuchtenden Wolkendecke der Sonne noch weniger durch einen aufsteigenden und daher *heißeren* Luftstrom erzeugt werden kann. Stellen, an denen solche aufsteigenden Ströme mit besonderer Heftigkeit stattfinden, werden vielmehr durch die höhere Temperatur der dabei gebildeten wolkenartigen Verdichtungsproducte als *helle*, etwas über dem allgemeinen Niveau der Sonnenoberfläche *erhöhte* Stellen erscheinen, wie die sogenannten *Fackeln*, nicht aber als *dunkle, vertiefte* Stellen, wie die Flecken. Bereits Liais bemerkt in einer schönen und sorgfältigen Arbeit vom Jahre 1867: „*Par conséquent dans les points où la photosphère s'élève au-dessus de son niveau général, on devra voir des facules*“. (*Mém. de Cherbourg* 1867, p. 334.)

Ich würde es für überflüssig gehalten haben, diese einfachen Folgerungen besonders hervorzuheben, wenn nicht neuerdings Hr. Prof. Reye versucht hätte, die Sonnenflecke durch aufsteigende Ströme „an einer besonders heißen Stelle der Sonnenoberfläche“ als „*wolkenartige Verdichtungsproducte in den tieferen Regionen der Sonnenatmosphäre, welche sich ähnlich wie die großen Wolkenschichten der irdischen Cyclonen von unten her erneuern*“ zu erklären. (Vergl. Die Wirbelstürme, Tornados und Wettersäulen in der Erdatmosphäre mit Berücksichtigung der Stürme in der Sonnen-Atmosphäre dargestellt und wissenschaftlich erklärt von Dr. Th. Reye, ordentl. Professor an der Universität Straßburg. Hannover 1872, p. 178.)

der Sonnenatmosphäre übrig. Denn eine solche locale Erniedrigung der Temperatur ist allein im Stande nach uns bekannten Analogien in der irdischen Atmosphäre dauernd absteigende Ströme zu erzeugen.

Da jedoch diese Temperaturerniedrigung auf der Sonne *nicht* durch Leitung bei Berührung mit einem kühleren Körper erzeugt werden kann, so bleibt nur die Annahme einer intensiveren *Ausstrahlung* von Wärme als Ursache jener localen Abkühlung übrig. Die Aufgabe der weiteren Erklärung kann also nur darin bestehen, die Ursachen nachzuweisen:

Erstens, durch welche in den unterhalb des Niveaus der leuchtenden Wolkenschicht gelegenen Theilen der Sonne an einer bestimmten Stelle eine stärkere Wärmeausstrahlung stattfinden kann als an anderen Stellen.

Zweitens, durch welche die so erzeugte Temperaturerniedrigung und folglich alle durch sie bedingten Erscheinungen (Dunkelheit, absteigende Ströme) längere Zeit hindurch localisirt bleiben können.

§. 3.

Die Beantwortung der ersten Frage habe ich bereits vor drei Jahren in meiner Abhandlung „Ueber die Periodicität und heliographische Verbreitung der Sonnenflecke ¹⁾“ durch folgende auf die Sonnenatmosphäre bezüglichen Erläuterungen zu geben versucht.

„Die Beschaffenheit dieser Atmosphäre muß die Intensität der Wärmeausstrahlung der von ihr eingehüllten Sonnenoberfläche in ähnlicher Weise beeinflussen, wie die Beschaffenheit der irdischen Atmosphäre die Wärmeausstrahlung der erwärmten Erdoberfläche beeinflusst. Ist nämlich die Atmosphäre unserer Erde *ruhig* und *wolkenfrei*, so ist die durch nächtliche Ausstrahlung erzeugte Temperaturerniedrigung am stärksten und als Resultate dieser Ausstrahlung bilden sich je nach der Temperatur Thau oder Reif. — In analoger Weise muß die Tempe-

1) Berichte der K. S. Ges. d. W. 12. Dec. 1870, S. 339.

rat
dur
ste
lich
die
der
kra
Be
bie
V
Fol
sieh
Schic
glübe
wart
für u
mach
eines
ken
tur a
da s
sie d
hen
M
nena
dene
sons
ist d
Hell
chen
die
heiß
sirt
helle
ober
die
1)

raturerniedrigung der glühendflüssigen Sonnenoberfläche durch Ausstrahlung an denjenigen Stellen am bedeutendsten seyn, wo die darüber befindliche Atmosphäre möglichst *ruhig* und *klar* ist. An solchen Stellen wird sich die eingetretene Temperaturerniedrigung bei hinreichender Gröfse auch durch eine Verminderung der Leuchtkraft bemerkbar machen und hierdurch einem entfernten Beobachter die Erscheinung eines dunklen Fleckes darbieten müssen“.

Wenn aber die leuchtende Wolkendecke der Sonne in Folge der angegebenen Bedingungen an einzelnen Stellen sich lichtet und uns so den Blick auf die tiefer gelegenen Schichten der Atmosphäre oder auf die Oberfläche des glühendflüssigen Kernes gestattet, so darf man nicht erwarten, daß dieses Phänomen sich unmittelbar auch *optisch* für unsere Wahrnehmung in auffallender Weise bemerklich machen wird, etwa wie die Aufhellung der Wolkendecke eines von der Sonne beleuchteten Planeten. Denn „Wolken in der Sonnenatmosphäre, die nahe dieselbe Temperatur als der Kern besitzen, verändern das Licht dieses wenig, da sie jedem Lichtstrahle den Verlust an Intensität, den sie durch Absorption herbeiführen, durch ihr eigenes Glühen nahe ersetzen“.

Mit Berücksichtigung der Lichtabsorption in der Sonnenatmosphäre selber und des Einflusses, den die verschiedene Tiefe der darin befindlichen leuchtenden Objecte unter sonst gleichen Umständen auf ihre Helligkeit äußern muß, ist es sogar nicht einmal möglich *a priori* den Sinn der Helligkeitsänderung zu bestimmen, welcher bei einer solchen Aufhellung in der Sonnenatmosphäre eintritt. Denn die gröfsere Helligkeit der tiefer gelegenen und deshalb heißeren Objecte könnte durch jene Absorption compensirt oder sogar vermindert werden. Indessen scheinen öfter hellere Stellen (Fackeln) an denjenigen Orten der Sonnenoberfläche beobachtet zu werden, wo einige Tage später die Entwicklung eines Fleckes stattfindet¹⁾.

1) Secchi, *Le Soleil* p. 38. Wenn man mit dem Namen „Fackeln“

Es handelt sich jetzt um die Discussion der zweiten Frage, *durch welche Umstände können Temperaturunterschiede, die durch Ausstrahlung an der Oberfläche eines Körpers entstanden sind, möglichst lange Zeit localisirt bleiben?*

Um unsere Betrachtungen an bestimmte Vorstellungen zu knüpfen, denken wir uns drei heisse Körper in Form von Kugeln, die sich bis auf ihren Aggregatzustand (fest, flüssig, gasförmig) durch *Nichts* von einander unterscheiden. Einer jeden dieser Kugeln sey an einer gleich grossen Stelle dieselbe Wärmequantität entzogen und hierdurch bei allen eine gleiche, locale Temperaturerniedrigung erzeugt. Welche Kugel wird zur Ausgleichung der entstandenen Temperaturdifferenz an ihrer Oberfläche die längste Zeit erfordern? Offenbar die *feste*, denn bei ihr kann die Ausgleichung nur durch *Leitung* der Wärme geschehen, während bei den beiden andern Kugeln diese Ausgleichung auch noch durch die Bewegungen der verschieden erwärmten Körpertheile beschleunigt wird und zwar um so mehr, je grösser unter übrigens gleichen Umständen die Beweglichkeit des Stoffes ist. Es wird also auch an der Oberfläche der flüssigen Kugel eine entstandene Temperaturdifferenz länger verharren müssen als an der Oberfläche der gasförmigen.

Man kann also allgemein den folgenden Satz aussprechen:

allgemein nur hellere Stellen auf der Sonnenoberfläche bezeichnet, so könnte man vielleicht, falls obige Annahme richtig ist, bezüglich der Ursache ihrer Entstehung zwei Arten von Fackeln unterscheiden:

1. solche, welche, wie die oben erwähnten, durch Aufhellung der leuchtenden Wolkendecke entstehen. Dieselben würden am Rande der Sonne verschwinden und nur in den centralen Theilen der Sonnenscheibe sichtbar seyn.
2. solche, welche wie die um den äusseren Rand der Penumbra befindlichen durch aufsteigende heissere Luftströme erzeugt werden. Diese Fackeln treten am Rande deutlicher hervor, wie dies schon Liais in seiner oben erwähnten Arbeit durch die Absorption der äusseren, kühleren Schichten der Sonnenatmosphäre erklärt hat.

Eine locale Temperaturerniedrigung an der Oberfläche eines Körpers erfordert eine um so längere Zeit zu ihrer Ausgleichung, je weniger beweglich unter übrigens gleichen Umständen die Theile des Körpers sind. Folglich muß der feste Aggregatzustand eines Körpers am besten geeignet seyn, einen, durch irgend welche Umstände entstandenen, Wärmeverlust an seiner Oberfläche längere Zeit zu fixiren.

Da nun die Sonnenflecke Stellen localer Temperaturerniedrigung an der Oberfläche eines glühenden Körpers sind, die sich zuweilen mehrere Monate hindurch erhalten können, so ist die Annahme eines festen Aggregatzustandes der Kerne der Flecken die *wahrscheinlichste* Annahme, welche zur Erklärung ihrer längeren Dauer gemacht werden kann. Demgemäß treffen die Einwendungen, welche man im Hinblick auf die hohe Temperatur der Sonne gegen das längere Bestehen schlackenartiger Abkühlungsproducte erhoben hat, in noch viel höherem Maasse die wolkenförmigen Verdichtungsproducte.

Gleichzeitig folgt aber auch aus den Bewegungen der Flecke, sowohl in Länge als Breite, daß die Oberfläche, auf welcher jene Schlacken schwimmen, eine flüssige seyn muß.

§. 4.

Faßt man die wesentlichen Momente der für den *festen* Aggregatzustand der Sonnenflecke gegebenen Deduction kurz zusammen, so ergiebt sich Folgendes:

Die geringere Helligkeit der Sonnenflecken kann nur die Folge einer localen Temperaturerniedrigung seyn. Diese kann nicht durch Leitung bei Berührung mit einem kühleren Körper erzeugt werden; noch weniger durch aufsteigende Ströme aus tieferen und deshalb heißeren Schichten¹⁾; sie muß deshalb durch *Ausstrahlung* an solchen

1) Die beim Aufsteigen einer erhitzten Luftmasse durch ihre Ausdehnung eintretende Abkühlung bezieht sich selbstverständlich auf diejenige Temperatur, welche die Luftmasse selber in tieferen Schich-

Stellen entstanden seyn, wo die hierzu günstigen Bedingungen der Atmosphäre realisirt waren. Zur längeren Localisirung des hierdurch entstandenen Wärmeverlustes ist der *feste* Aggregatzustand der *günstigste*, weil bei diesem die Ausgleichung der Temperaturerniedrigung nur durch Leitung möglich ist und nicht wie bei Körpern im flüssigen oder gasförmigen Zustande noch durch Gleichgewichtsstörungen beschleunigt wird.

Demgemäß ist meine Vorstellung von der physischen Beschaffenheit der Sonne, entsprechend den bisher von mir vertretenen Anschauungen, kurz folgende:

Die Sonne ist ein glühendflüssiger Körper, umgeben von einer glühenden Atmosphäre; in der letzteren schwebt eine fortdauernd sich erneuernde Decke von leuchtenden cumulusartigen Wolkengebilden in einem gewissen Abstände über der flüssigen Oberfläche. An solchen Stellen, wo die Wolkendecke sich vermindert oder auflöst, entstehen durch kräftige Ausstrahlung auf der glühendflüssigen Oberfläche schlackenartige Abkühlungsproducte. Dieselben liegen folglich tiefer als das allgemeine Niveau der leuchtenden Wolkendecke und bilden die Kerne der Sonnenflecke. Ueber diesen abgekühlten Stellen entstehen absteigende Luftströme (*down-rush*), welche um die Küsten der Schlackeninseln eine Circulation der Atmosphäre einleiten, der die Penumbren ihren Ursprung verdanken. Die innerhalb dieses Circulationsgebietes gebildeten wolkenartigen Abkühlungsproducte werden hinsichtlich ihrer *Gestalt* und *Temperatur* durch die Natur der strömenden Bewegung bestimmt. Sie müssen uns daher in Folge ihrer Temperaturerniedrigung *weniger*

ten besaß, nicht auf die Temperatur derjenigen höheren Schicht, in welcher sie zu Ruhe kommt. Denn unter die Temperatur dieser Schicht kann diejenige der emporgestiegenen Masse nicht sinken. Da nun die Kerne der Flecken tiefer als das Niveau der leuchtenden Wolkendecke liegen, so müßten sie als Wolken eines aufsteigenden Stromes eine höhere Temperatur als letztere besitzen und daher *hellere*, nicht *dunklere* Stellen der Sonnenoberfläche seyn.

leuchtend als die übrige Wolkendecke der Sonnenoberfläche und trichterartig vertieft durch ihre absteigenden Bewegungen über dem Fleck erscheinen ¹⁾).

§. 5.

Obschon diese Darstellung und Begründung meiner Anschauungen von der physischen Beschaffenheit der Sonne für vorurtheilsfreie Leser ausreichend seyn dürfte, die we-

- 1) Der äußere Rand der Penumbra liegt folglich im Niveau der leuchtenden Wolkendecke, durch welche im Allgemeinen die Gränzen der Sonnenscheibe für unsere Wahrnehmung bestimmt ist. Diese Bemerkung wird ausreichen, um einen Einwand zu beseitigen, welchen kürzlich Hr. Faye als Consequenz meiner Anschauung von der Penumbra ausgesprochen hat. Hr. Faye bemerkt nämlich gelegentlich einer Reproduction meiner Theorie, man müßte zufolge derselben beim Verschwinden eines Fleckes am Sonnenrande jenes trichterförmig vertiefte Wolkengebilde frei schwebend auf der Chromosphäre projectirt erblicken. (... quand la tache arrive au bord, ce tore, ce bourrelet ou cette espèce dentonnoir devra se dessiner en saillie sur la chromosphère ... mais je ne le vois pas: s'il existait on l'aurait vu cent fois, on l'aurait dessiné. Vergl. Comptes rendus 25. Août 1873, p. 503.) Es konnte diese Folgerung des Hrn. Faye nur aus einer irrthümlichen Auffassung meiner Theorie entspringen; ich habe niemals behauptet, daß wir direct auf die Oberfläche des glühendflüssigen Kernes der Sonne blicken, sondern stets besonders darauf aufmerksam gemacht, daß dieselbe mit Dämpfen, Nebeln und Wolken bedeckt ist, auf welche zunächst unsere Blicke treffen.

Es scheint, als ob man diesen Umstand bei der Beurtheilung meiner Schlackentheorie und den gegen dieselbe erhobenen Einwendungen gänzlich übersehen hat. Ich könnte mir sonst wenigstens nicht erklären, wie man den so deutlich ausgesprochenen wolkenartigen Charakter der Penumbra und den schnellen Wechsel ihrer inneren und äußeren Contouren als Argument gegen die schlackenartige Natur des Kernfleckes hat anführen können. Selbst die Oberfläche jener Schlackenmassen wird mit nebel- und wolkenartigen Condensationsproducten bedeckt seyn müssen, wie ich dieß in meiner letzten Abhandlung (diese Ber. 21. Febr. 1873) ausdrücklich durch folgende Bemerkung zu erläutern versuchte: „Bei der dampfreichen Atmosphäre der Sonne und der immer noch sehr hohen Temperatur abgekühlter Schlacken wird man es als unzweifelhaft betrachten dürfen, daß unsere Blicke nicht direct auf die feste Masse des Kernfleckes, sondern auf die über demselben condensirten Dämpfe fallen.“

sentlichsten Einwendungen zu beseitigen, welche derselben bisher von ihren Gegnern gemacht worden sind, so halte ich es dennoch den letzteren gegenüber nicht für überflüssig, am Schlusse dieser Arbeit noch etwas specieller auf jene Einwendungen einzugehen.

Soweit mir bekannt, sind es besonders zwei Argumente, die der Annahme schlackenartiger Abkühlungsproducte für die Sonnenflecke entgegengestellt wurden:

Erstens die schnelle Veränderlichkeit ihrer Gränzen und die vielfach daran beobachteten wolkenartigen Neubildungen.

Zweitens die hohe Temperatur und Wärmestrahlung der Sonne, welche solche Schlackenmassen schnell wieder schmelzen und auflösen müßte, wenn auch nur ein geringer Theil der ausgestrahlten Wärme von ihnen absorhirt würde.

Zur Widerlegung des ersten Einwandes genügt es, sich zu vergegenwärtigen, wie gerade durch die von mir vertretenen Anschauungen von der Entstehung der Penumbra ein großer Reichthum solcher Bewegungen und Wolkenbildungen erzeugt werden muß, wie sie den erwähnten Beobachtungen entspricht. Wenn man daher meiner Theorie nicht fälschlich die Folgerung unterschiebt, man müßte direct auf die glühendflüssige Oberfläche des Sonnenkörpers blicken und dort die Schlacken, ähnlich denjenigen auf der glühendflüssigen Masse eines Schmelzofens, herumswimmen sehen, so verliert der erste Einwand jede Berechtigung.

Die Nothwendigkeit einer hell leuchtenden Wolkendecke, welche die glühendflüssige Sonnenoberfläche allseitig umhüllt, habe ich übrigens bei jeder sich darbietenden Gelegenheit in meinen Arbeiten hervorgehoben. Denn meine ganze Theorie der Periodicität und heliographischen Verbreitung der Sonnenflecke hat jene Wolkendecke zu einer ihrer wesentlichen Voraussetzungen und ich habe in der betreffenden Abhandlung vor drei Jahren über die Tem-

per
mer

so
d
r
a
d
d
m

fach
Auf
der
sche
in u
tirte

für
Son
hier
mos
bung
sphä
welc
gele

Wor

R
bi
zu
zo
gr
flo
so

1)

peratur und Sichtbarkeit dieser Wolken Folgendes bemerkt¹⁾:

„Diese Wolken brauchen indessen durchaus nicht eine so niedrige Temperatur zu besitzen, daß sie uns als dunkle Stellen erscheinen, vielmehr können sie mit Berücksichtigung der hohen Temperatur der Sonne nur aus Stoffen in glühendem Zustande bestehen, so daß sich derartige Condensationerscheinungen auf der leuchtenden Sonnenscheibe nur wenig oder gar nicht bemerklich machen werden“.

Es folgt hieraus, sowie namentlich aus den oben mehrfach wiederholten Sätzen Kirchhoff's, daß weder die Auflösung noch die Bildung wolkenartiger Trübungen in der Sonnenatmosphäre optisch leicht wahrnehmbare Erscheinungen seyn können, etwa ähnlich den Trübungen in unserer Atmosphäre oder in derjenigen eines mit *reflectirtem* Lichte leuchtenden Planeten.

Mit Berücksichtigung dieses Umstandes hielt ich mich für berechtigt, die Ursache der geringeren Häufigkeit der Sonnenflecke in der Polar- und Aequatorialzone durch die hier, in Folge der allgemeinen Circulation der Sonnenatmosphäre, vorwiegend vorhandenen atmosphärischen Trübungen zu erklären, indem durch diese der Sonnenatmosphäre gerade diejenigen Bedingungen geraubt werden, welche allein eine kräftige Temperaturerniedrigung tiefer gelegener Stellen durch *Ausstrahlung* ermöglichen.

Ich drückte dieses Argument a. a. O. mit folgenden Worten aus:

„Wir haben folglich in der Aequatorialzone und in den Regionen höherer Breiten auf der Sonnenoberfläche Gebiete vorwiegender atmosphärischer Trübungen, wogegen zwischen beiden Gebieten, analog den irdischen Passatzonen, die Orte relativer Klarheit liegen. Die Bedingungen zur Wärmeausstrahlung der *glühendflüssigen Oberfläche* müssen demgemäß an diesen Stellen im Durchschnitt günstiger, als an anderen seyn und folglich auch

1) Vergl. diese Berichte, 12. Dec. 1870, S. 349.

die Entwicklung der Sonnenflecken, als Resultate dieser Ausstrahlung hier begünstigen“.

Ich glaube, daß es bei gehöriger Berücksichtigung dieser Verhältnisse keiner weiteren Erörterungen bedarf, um Einwendungen, wie die folgenden, zu widerlegen.:

„Wären die Flecke *schlackenartige* Abkühlungsproducte, die wie Schollen auf einer flüssigen Oberfläche schwimmen, so müßten sie nach unserer Meinung gerade an den kälteren Sonnenpolen am häufigsten sich zeigen“¹⁾, oder

*„Si elles étaient de simples scories dues au refroidissement, ce ne serait pas sans doute dans les régions les plus chaudes, qu'on les verrait se former; or c'est, au contraire, dans les zones voisines de l'équateur, qu'elles apparaissent et jamais aux pôles“*²⁾.

Unsere Kenntniss von der verschiedenen Wärmestrahlung der Polar- und Aequatorialgegenden der Sonne beruht auf Beobachtungen P. Secchi's mit Hilfe einer Thermosäule³⁾. Der hierbei beobachtete Unterschied der Wärmestrahlung betrug etwa $\frac{1}{16}$. Diesem Unterschiede der Ausstrahlung muß jedoch ein *viel geringerer* Unterschied der Temperaturen entsprechen, wie ich dies in meiner letzten Abhandlung⁴⁾ theils durch Beobachtungen, theils durch Erörterungen über die Kirchhoff'sche Function zu begründen versuchte. Es verliert also durch diesen Umstand der obige Einwand noch mehr an Bedeutung, indem der Temperaturunterschied zwischen den Polen und dem Aequator, zufolge dessen „an den kälteren Sonnenpolen“ sich die Schlacken am häufigsten zeigen sollten, bis zu einer uns vorläufig noch unbekannten Gröfse herabgesetzt wird.

Schließlich sey noch erwähnt, daß auch an der Erdoberfläche durch Ausstrahlung der Wärme in ruhigen und

1) Reye, Wirbelstürme, S. 183.

2) Faye, *Compt. rendus* 25. Août. 1873.

3) Secchi, *Le soleil*, p. 133.

4) Diese Berichte. Sitzung am 21. Febr. 1873.

wolkenlosen Nächten die größten Temperatur-Differenzen in kürzester Zeit hervorgerufen werden können.

„Am auffälligsten tritt die nächtliche Wirkung der Wärmestrahlung des Bodens im Gebiet des quer durch die Alte Welt streichenden, die Wüsten umfassenden Gürtels auf. . . . Selbst in der eigentlichen afrikanischen Wüste sinkt die Temperatur des Nachts so anhaltend und tief unter den Gefrierpunkt, daß das Wasser in den Schläuchen gefriert, während sich am Mittag die Hitze bis über 40° C. erhebt“¹⁾.

„Das Schließen der Eisdecke über Flüsse hängt vorzüglich von dem Wärmeverlust ab, den die Oberfläche durch kräftige nächtliche Ausstrahlung erleidet“.

Dafür bringt Arago²⁾ folgende Belege bei.

„Im December 1762 war die Seine gänzlich zugefroren in Folge eines sechstägigen Frostes, bei dem die Temperatur im Mittel — 3,9 Grad Celsius war und im Maximo nicht — 9,7 Grad überstieg. Dagegen floß im Jahre 1748 der Strom noch, nachdem 8 Tage lang eine mittlere Temperatur von — 4,5 Grad geherrscht und die Kälte sogar ein Maximum von — 12 Grad erreicht hatte. Die Wasserhöhe, von der die Stromgeschwindigkeit bedingt wird, war zu beiden Zeiten gleich. Allein 1762 war der Himmel vor dem gänzlichen Zufrieren völlig heiter, während er 1748 entweder bewölkt oder ganz bedeckt war. — Im Jahre 1773 am 6. Febr. ging die Seine mit Eis nach fünftägigem Frost, der im Mittel — 6 Grad betragen hatte und im Maximo bis — 10,6 Grad gestiegen war. — Im Jahre 1776 erschien das Treibeis erst am 19. Jan., obgleich es schon seit dem 9. froh und vom 15. bis zum 19. Jan. die Temperatur im Mittel — 8,3 Grad gewesen und im Maximo auf — 13,1 Grad gesunken war. Der Wasserstand erklärt diese Erscheinung nicht; denn er betrug 1776 4,5 Fuß, 1773 dage-

1) A. v. Humboldt, Ueber die Hauptursachen der Temperatur-Ver-schiedenheit auf dem Erdkörper. Pogg. Ann. Bd. 11, S. 7.

2) *Annuaire pour l'an 1828* und Pogg. Ann. Bd. 14, S. 293.

gen 8 Fuß. Allein vom 3. bis 6. Februar 1773 war der Himmel völlig heiter, während er sich vom 9. bis 19. Jan. 1776 nur auf wenige Augenblicke aufklärte. — Eine der stärksten Kälten, welche man zu Paris seit dem Gebrauche des Thermometers beobachtet hat, ist die vom Jahre 1709; aber gerade in diesem Jahre blieb die Seine bei Temperaturen von -23° C. in der Mitte beständig offen¹⁾.

Diese Thatsachen werden zur Genüge beweisen, daß auch an der Erdoberfläche die Ausstrahlung der Wärme bei der localen Temperaturerniedrigung einer Wasseroberfläche die wirkliche Ursache ist und daß selbst die Eiskbildung unter übrigens gleichen Umständen bei beträchtlich höherer Lufttemperatur und günstigen Bedingungen zur Ausstrahlung eintreten kann, als bei Verhinderung der letzteren durch eine Wolkendecke.

§. 6.

Ich gehe jetzt zur Discussion des zweiten Einwandes gegen die Schlackentheorie der Sonnenflecken über, nämlich zur Widerlegung der Behauptung, es könnten jene Schlacken bei der hohen Temperatur der Sonne nicht längere Zeit auf der glühendflüssigen Oberfläche, ohne zu schmelzen, verharren.

Hr. Prof. Reye hat in seinem Buche über Wirbelstürme S. 177 jener Behauptung in folgenden Worten Ausdruck verliehen:

„Die von der Sonne ausgestrahlte Wärmemenge ist, Pouillet's Messungen zufolge, so ungeheuer groß, daß sie hinreichen würde, um an der Sonnenoberfläche in jeder Minute eine Eisschicht von 10 bis 11 Meter Dicke zu schmelzen. Wenn nun von den Flecken auch nur der fünfte Theil dieser Wärmemenge absorbiert wird, wie ist es alsdann denkbar, daß dieselben wochen-, ja monatelang sich als Schlacken oder Wolken erhalten, ohne zu schmelzen oder sich zu verflüchtigen? Das in einem

1) Schmid, Meteorologie, S. 137 und 187.

Monate absorbirte Fünfstel wäre ja im Stande, eine Eisschicht von etwa 90000 Meter oder 12 geogr. Meilen Dicke zu schmelzen!“

In ganz ähnlicher Weise spricht sich Hr. Faye in den *Comptes rendus* vom 25. August 1873 S. 505 aus, indem er bemerkt:

„Si M. Zöllner a repris en sous-oeuvre cette idée (c. a. d. des scories), c'est qu'il a cru y trouver une explication simple et rationnelle du noir des taches, laquelle manque aux éruptions privées du noyau obscur; mais il n'y parvient qu'en attribuant tacitement auxdites nappes de scories la propriété de résister à la chaleur solaire pendant des semaines et des mois. Or celle-ci n'eut-elle que sa seule radiation, suffirait pour fondre une enveloppe de fer forgé à raison d'un kilomètre d'épaisseur par jour. Que serait-ce si l'on tenait compte de la chaleur communiquée par contact? Cette enveloppe disparaîtrait sans doute en quelques instants. Evidemment ceux qui ont mis les premiers cette notion de scories en avant ne se faisaient pas la moindre idée de la puissance d'un pareil foyer.“

Diese Argumente könnten im Hinblick auf die früher angestellten Betrachtungen durch die einfache Bemerkung entkräftet werden, daß sie offenbar mit noch viel größerer Berechtigung gegen eine wolkenartige als schlackenartige Natur der Sonnenflecke anwendbar sind, wenn nicht eine permanente Ursache zur fortdauernden Erzeugung jener Wolke angenommen wird. Es wurde aber bereits oben gezeigt, daß eine solche Ursache nur in einer relativ starken Temperaturerniedrigung der *unteren* Schichten der Sonnenatmosphäre gesucht werden muß. Will man daher nicht, allen physikalischen Gesetzen zum Trotz, eine solche Abkühlung „in den tieferen Regionen der Sonnenatmosphäre“, „an einer besonders heißen Stelle der Sonnenoberfläche“ dadurch entstehen lassen, daß „die dort befindlichen untersten Schichten von Metaldämpfen und Gasen durch

Ueberhitzung zum Emporsteigen gezwungen werden¹⁾, so bleibt als *günstigste* und deshalb *wahrscheinlichste* Annahme nur die Bildung schlackenartiger Abkühlungsproducte übrig, welche dann gleichzeitig die über den Sonnenflecken beobachteten *absteigenden* Ströme (*down-rush*) nothwendig zur Folge haben.

Indessen ganz abgesehen von diesen Bemerkungen, liegt den obigen Argumentationen gegen den festen Aggregatzustand der Sonnenflecke eine stillschweigend gemachte Voraussetzung zu Grunde, welche auf einem Irrthum beruht, nämlich auf einer Verwechslung der Zeit als Maass der Wärmestrahlung, mit derjenigen Zeit, welche zur Ver wandlung der ausgestrahlten Wärmemenge in eine ihr äquivalente Arbeit erfordert wird.

- 1) Reye, Wirbelstürme, S. 178 und 179. Hr. Prof. Reye schildert seine Vorstellung von der Ursache und Entstehung eines Sonnenfleckens wörtlich folgendermassen (l. c. S. 179):

„An einer besonders heissen Stelle der Sonnenoberfläche, die gleich den Fackeln heller erscheinen wird als ihre Umgebung, mögen also die dort befindlichen untersten Schichten von Metalldämpfen und Gasen durch Ueberhitzung zum Emporsteigen gezwungen werden. Sie dehnen sich dabei aus und erkalten, nachdem sie vielleicht 100 oder 200 geographische Meilen gestiegen sind, so stark, daß die Metalldämpfe sich theilweise verdichten; ihre frei werdende latente Wärme vergrößert zugleich den Auftrieb der übrigen Dampf- und Gasmassen. Eine Wolke bildet sich als dunkler Fleck über der hellen Stelle, rasch wachsend von dem nachströmenden Dampfe . . .“

Das Aufsteigen von Metalldämpfen und eine hierbei eintretende Verdichtung zu Wolken findet an allen Stellen der Sonnenoberfläche statt; die mittlere Höhe der hierdurch gebildeten, leuchtenden Wolkendecke ist das Niveau der sogenannten Photosphäre. Wenn nun „an einer besonders heissen Stelle der Sonnenoberfläche“ ein aufsteigender Strom von Gasen und Dämpfen entsteht, so muß derselbe seine wolkenförmigen Condensationsproducte auch in *größerer* Höhe als in dem allgemeinen Niveau der leuchtenden Wolkendecke absetzen, also eine Wolke in den *höheren*, nicht *tieferen* Regionen der Sonnenatmosphäre bilden, wie es die Beobachtungen für die Kernflecken verlangen. Am Sonnenrande müßte eine solche Wolke sich als eine leuchtende Erhöhung und nicht als eine dunkle Vertiefung der Scheibe projectiren, wie letzteres gleichfalls bei größeren Flecken beobachtet wird (vergl. Secchi, *Le soleil*, p. 62).

Wenn man das Maafs der Wärmeeinheit durch die Gröfse einer ihr äquivalenten molecularen Arbeit definiert — mag dieselbe im Schmelzen oder in einer bestimmten Temperaturerhöhung der Gewichtseinheit eines gegebenen Stoffes bestehen — so ist man natürlich im Stande, *theoretisch* jede beliebige in der Zeiteinheit producirte Wärmequantität durch jene Arbeit auszudrücken. *Empirisch* berechtigt jedoch Nichts zu der Annahme, dafs die Zeit, innerhalb welcher eine bestimmte Wärmemenge *produciert* wird, dieselbe seyn mufs, welche zur Verwandlung dieser producirten Wärme in eine ihr äquivalente Arbeit erforderlich ist. Diese Zeit hängt vielmehr theils von der Beschaffenheit der zu leistenden Arbeit, theils von den besonderen Eigenschaften und Anordnungen der Körper ab, an denen sich der Procefs des Wärmeumsatzes vollzieht.

Wird z. B. die Quantität der in der Zeiteinheit von einer glühenden Oberfläche ausgestrahlten Wärme durch eine bestimmte Temperaturerhöhung der Gewichtseinheit eines *festen* Körpers gemessen, so hängt die Schnelligkeit, mit welcher diese Temperaturerhöhung in Wirklichkeit stattfindet, von der specifischen Wärme und Leitungsfähigkeit des betreffenden Körpers ab, also von Verhältnissen, die mit der Schnelligkeit der Wärmeproduction der glühenden Oberfläche gar nichts zu schaffen haben.

Ähnliches gilt, wenn die Quantität der Wärme durch Schmelzungsarbeit gemessen wird. Wenn z. B. ein Cubikmeter Eisen von 0° durch Berührung einer seiner quadratischen Flächen mit einer glühendflüssigen Oberfläche geschmolzen werden soll, welche *bei Abwesenheit* der Eisenmasse in einer Secunde so viel Wärme ausstrahlt, dafs damit in derselben Zeit 10 Cubikmeter Eisen geschmolzen werden könnten, so ist klar, dafs die Zeit, welche in Wirklichkeit zur Schmelzung der Eisenmasse erforderlich ist, eine viel gröfsere seyn wird. Denn diese Zeit hängt unter Anderem ab, erstens: von der Leitungsfähigkeit des Eisens. Je gröfser dieselbe ist, desto schneller mufs sich die zur Schmelzung erforderliche Wärme mittheilen und verbreiten.

Zweitens: von der Schnelligkeit, mit welcher sich die geschmolzenen Theile entfernen können, um nicht durch ihre Temperaturerhöhung der noch nicht geschmolzenen Masse einen Theil der producirtten Wärme zu entziehen. Da nun allgemein in der Wirklichkeit von der durch eine glühendflüssige Oberfläche ausgestrahlten Wärme nur *ein Theil* zur Schmelzung darauf schwimmender Körper verwandt werden kann, ein anderer Theil dagegen zur Temperaturerhöhung, Bewegung und Ausdehnung der geschmolzenen Substanz verbraucht wird, so darf nicht, wie es in den oben angeführten Argumentationen der HH. Faye und Reye geschieht, die Zeit, in welcher von einer glühenden Oberfläche eine bestimmte Quantität Wärme ausgestrahlt wird, mit derjenigen Zeit identificirt werden, welche diese Wärmequantität gebraucht, um sich *vollständig* in eine ihr äquivalente Arbeit des Schmelzens zu verwandeln. Die letztere Zeit hängt von der besonderen Beschaffenheit der physikalischen Verhältnisse und von der Natur des schmelzenden Körpers ab.

Aus der Gesammtheit der in vorstehender Abhandlung angestellten Betrachtungen ergiebt sich daher, wie mir scheint, daß die Voraussetzung schlackenartiger, durch Ausstrahlung an der glühendflüssigen Oberfläche der Sonne entstandener Abkühlungsproducte die einzige Annahme zur Erklärung der Sonnenflecke ist, welche nicht zu Widersprüchen mit physikalischen Gesetzen und sicher verbürgten Beobachtungen führt.

V. Ueber das Ozon; von Th. Andrews.

(Vorgetragen in der *Roy. Society of Edinburgh* und mitgetheilt vom
Hrn. Verf. aus der „*Nature*“ Vol. VIII, p. 347 et 364.)

Gegen Ende des vorigen Jahrhunderts beobachtete Van Marum beim Experimentiren mit seiner mächtigen Elektrisirmaschine, daß Sauerstoffgas, durch welches er elektrische Funken geleitet hatte, einen eigenthümlichen Geruch, so wie die Eigenschaft das Quecksilber anzugreifen, bekam. Mehr als fünfzig Jahre nach Veröffentlichung der Van Marum'schen Beobachtung blieb diese Erscheinung unbeachtet.

Die Entdeckung des Ozons wurde von Schönbein gemacht und in einer der Münchener Akademie 1840 übersandten Abhandlung beschrieben. In dieser wichtigen Mittheilung giebt er an, daß dem bei Elektrolyse des Wassers am positiven Pol entwickelten Sauerstoff eine riechende Substanz begleite, welche sich in gut verschlossenen Gefäßen lange aufbewahren lasse und deren Erzeugung abhängе von der Natur des als positiven Pol dienenden Metalls, von den chemischen Eigenschaften der elektrolytischen Flüssigkeit und von der Temperatur sowohl dieser Flüssigkeit als der Elektrode. Er fand auch, daß derselbe Körper gebildet werde, wenn er einen Gold- oder Platinstreif dem Knopf des ersten Conductors einer gut wirkenden Elektrisirmaschine nahe hielt. Mit großem Scharfsinn erkannte er die Identität des eigenthümlichen Geruchs, welcher den Blitz begleitet, mit dem der neuen Substanz. In dieser Abhandlung nimmt Schönbein an, die riechende Substanz, für welche er in einer Note am Schluß den Namen *Ozon* vorschlägt, sey ein neues elektro-negatives Element von derselben Klasse, wie Chlor und Brom; allein in einem kurz darauf erschienenen Aufsatz äußert er, das Ozon möge ein Bestandtheil des Stickstoffs seyn.

Späterhin entdeckte Schönbein, daß Ozon gebildet wird, wenn Phosphor sich langsam in feuchter Luft oder feuchtem Sauerstoff oxydirt.

Im folgenden Jahr kam er auf den Gegenstand zurück. Theils durch eigene Beobachtungen, theils durch ihm von De la Rive und Marignac mitgetheilte Versuche, entsagte er seiner früheren Ansicht von der Natur des Ozons und schloß, es sey ein Wasserstoffoxyd, verschieden von Thénard's Wasserstoffhyperoxyd.

Viele der von Schönbein beschriebenen Eigenschaften des Ozons wurden später von Marignac bestätigt, welcher auch fand, was schon Schönbein beobachtete, daß wenn Luft oder Sauerstoff über Phosphor geleitet wird, nur bei Gegenwart von Feuchtigkeit Ozon entsteht und daß kein Ozon aus Luft gebildet wird, selbst wenn sie feucht ist, sobald man sie von ihrem Sauerstoff befreit hat. Er bestätigte auch die Beobachtungen Schönbein's, daß die besonderen Eigenschaften des Ozons verschwinden, wenn man es bis zu einer Temperatur von 300° bis 400° C. erhitzt und daß es weder von Wasser, noch von Schwefelsäure absorhirt wird.

In einer folgenden Untersuchung (1845), welche Marignac gemeinschaftlich mit De la Rive unternahm, wurde die wichtige Thatsache festgestellt, daß Ozon auch beim Durchgang elektrischer Funken durch reines und trocknes Sauerstoffgas gebildet wird. Frémy und Becquerel zeigten ferner, daß reiner Sauerstoff, der in einer über Jodkaliumlösung umgestülpten Röhre enthalten ist, vollständig von dieser Flüssigkeit absorhirt wird, wenn man elektrische Funken hinlänglich lange durch das Gas streichen läßt.

Die letzte Hypothese von Schönbein, gemäß welcher das Ozon ein Wasserstoffoxyd seyn soll, ist offenbar unverträglich mit der Erzeugung dieses Körpers beim Durchgang elektrischer Funken durch reinen trocknen Sauerstoff. Anderseits erhielt sie seine Stütze durch einige experimentelle Untersuchungen, die um diese Zeit erschienen, besonders von einer, die Baumert im Heidelberger Labo-

ratorium anstellte und in Poggen dorff's Annalen für 1853 veröffentlichte. Baumert behauptete, daß immer Wasser gebildet werde, wenn man trocknes durch Elektrolyse gebildetes Ozon durch Hitze zerstöre oder zersetze; und überdies bemühte er sich die Zusammensetzung desselben nachzuweisen durch die Gewichtszunahme einer Jodkaliumlösung, die Ozon zersetzte. Als das Resultat seiner Untersuchung stellte er hin, daß zwei verschiedene Körper unter dem Namen Ozon mit einander verwechselt seyen 1) Allotropischer Sauerstoff, gebildet vom Durchgang des elektrischen Funkens durch Sauerstoff; und 2. ein Teroxid des Wasserstoffs, gebildet bei der Elektrolyse des Wassers. Die Versuche und Schlüsse Baumert's erregten zur Zeit ihrer Veröffentlichung großes Aufsehen und fanden sehr allgemeinen Beifall.

Bald nach ihrer Veröffentlichung wiederholte ich die Versuche Baumert's, bei welchen ein durch Elektrolyse dargestelltes Ozon durch Hitze zerstört ward, und da ich bei vielen Versuchen niemals die geringste Spur von Wasser erhalten konnte, so hielt ich es für wichtig, darüber eine sorgfältige Untersuchung anzustellen, die ich 1853 der *Royal Society* in London mittheilte. Bei Anwendung einer gesäuerten Lösung von Jodkalium fand ich, daß, wenn sie durch Ozon zersetzt ward, ihre Gewichtszunahme genau übereinstimmte mit dem Gewicht des Ozons, welches als allotropischer Sauerstoff aus dem abgeschiedenen Jod berechnet worden war. Die aus fünf sorgfältigen Versuchen abgeleiteten Zahlen waren: 0,1179 Grm. Gewichtszunahme der Lösung und 0,1178 Grm. berechnetes Gewicht des Sauerstoffs. In Betreff der vermeintlichen Bildung von Wasser bei der Zerstörung des Ozons durch Hitze, mag es hinreichend seyn, die Resultate zweier mit großer Sorgfalt ausgeführten Versuche anzugeben, bei welchem einem 6,8 Liter elektrolytischen Sauerstoffs, die 27 Milligramm. Ozon enthielten, und dem andere 9,6 Liter desselben Gases 38 Milligramm. Ozon einschlossen, der Wirkung der Hitze ausgesetzt wurden, um alle Ozon-Reac-

tionen zu zerstören, und nicht eine Spur von Wasser erhalten wurde. Die Gewichtszunahme des trocknenden Apparats betrug im ersten Fall nur ein Drittel Milligrm. und im zweiten ein halbes. Wären Baumert's Versuche richtig, so hätten sich bei den meinigen 24 Milligrm. Wasser bilden müssen. Die allgemeinen Schlüsse, zu welchen ich gelangte, waren:

„Dafs bei der Elektrolyse des Wassers keine Verbindung von der Zusammensetzung des Wasserstoffhyperoxyds gebildet wird, und dafs *das Ozon, aus welcher Quelle es auch herkommen mag, ein und derselbe Körper ist, der identische Eigenschaften und einerlei Zusammensetzung besitzt, kein zusammengesetzter Körper ist, sondern Sauerstoff in einem veränderten oder allotropischen Zustand* (Phil. Trans. ff. 1856, p. 13)“.

Die nächste Stufe in der Untersuchung dieses sonderbaren Körpers war die Entdeckung, dafs der Sauerstoff bei Verwandlung in Ozon sein Volum verringert oder dichter wird und sein ursprüngliches Volum wieder annimmt, wenn er durch Erhitzung oder sonst wie aus dem Zustand des Ozons in den des Sauerstoffs zurück versetzt wird. Diese Relation zwischen gewöhnlichem Sauerstoff und Ozon wurde zuerst von mir und Prof. Tait im J. 1860 der *Royal Society* in London mitgetheilt. Sauerstoff, in reinem und trockenem Zustande, wurde in eine Röhre gebracht, die an einem Ende zugeschmolzen und an dem anderen, zu einem feinen und, wie Fig. 21, Taf. V zeigt, gebogenen, eine kurze Säule Schwefelsäure enthaltenden, Röhrchen auslief. In die Seiten des weiteren Rohres waren zwei Platindrähte hermetisch eingeschmolzen, deren Entfernung von den Enden in der Röhre etwa 20 Mm. betrug.

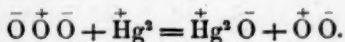
Als eine elektrische Entladung ohne sichtbare Funken zwischen den Enden der Platindrähte übergang, stieg die Schwefelsäure in dem benachbarten Schenkel der U-Röhre und aus der Niveau-Veränderung konnte der Betrag der Condensation oder der Volumverringerng, welche der

1) Vergl. Ann. Bd. 98, S. 435.

Sauerstoff erlitten hatte, leicht berechnet werden. Nun wurde der Apparat hermetisch zugeschmolzen und der Behälter bis 270°C . erhitzt, um das Ozon zu zerstören. Nachdem man den Apparat hatte erkalten gelassen, wurde das zugeschmolzene Ende der U-Röhre geöffnet, worauf das Gas wieder zu seinem früheren Volum zurückkehrte. Starke elektrische Funken gaben kaum ein Viertel von der Verdichtung, die bei stiller Entladung eintrat, und wenn Funken durch das Gas gingen, nachdem es durch die stille Entladung seine volle Contraction erfahren hatte, wurde diese Contraction auf diejenige reducirt, welche die Funken allein in dem ursprünglichen Gase hervorgebracht haben würden. In demselben Aufsatz wurde gezeigt, daß keine fernere Volumverringerung eintrat, wenn das contrahirte Gas mit einer Lösung von Jodkalium geschüttelt wurde, um das Ozon zu absorbiren. Ein ähnliches Resultat wurde erhalten, als man das verdichtete Gas mit Jod schüttelte. In allen diesen Fällen verschwanden die Ozon-Reactionen, allein ohne Veränderung im Volum des Gases. Mit Silber und Quecksilber trat nicht nur keine Contraction ein, sondern eine Expansion, welche man durch die Annahme erklärte, daß das zuerst gebildete Oxyd eine katalytische Wirkung auf einen Theil des Ozons ausübte und es in den Zustand des gewöhnlichen Sauerstoffs überführte. Aehnliche Resultate wurden mit elektrolytischem Sauerstoff erhalten. Drei Jahre später wurden diese Versuche über die Verdichtung des Sauerstoffs bei Verwandlung in Ozon und die Wirkung von Ozon auf eine Lösung von Jodkalium wiederholt und bestätigt von v. Babo und von Claus.

Wir versuchten nicht eine absolute Erklärung dieser Thatsachen zu geben, sondern erörterten sie unter verschiedenen Gesichtspunkten. Wir zeigten, daß nach der allotropischen Ansicht von der Constitution des Ozons die Dichte desselben eine ungeheure seyn müßte, wenn man nicht annehmen wolle, „daß, wenn Ozon mit solchen Substanzen, wie Jod oder Jodkalium, in Contact kommt, ein Theil des-

selben, welcher Gasform behält, wieder in gewöhnlichen Sauerstoff zurückversetzt wird, während der übrige in Verbindung eintritt, und daß diese in solcher Relation zu einander stehen, daß die von dem ersteren herrührende Expansion genau gleich sey der aus dem letzteren entspringenden Contraction“. Nach dieser Annahme, die wir jedoch nicht als wahrscheinlich betrachteten, bemerkten wir, „unsere Versuche mögen vereinbart werden mit der allotropischen Ansicht und einer gewöhnlichen Dichte, jedoch einer größeren als die des Sauerstoffs“. Eine ähnliche Erklärung unserer Versuche, jedoch verbunden mit einer eigenthümlichen Ansicht über die moleculare Constitution des Sauerstoffs, wurde 1861 von Dr. Odling ausgesprochen. Betrachten wir, sagt er, Ozon als eine Verbindung von Sauerstoff mit Sauerstoff und die Contraction als eine Folge ihrer Verbindung, so würde, wenn eine Portion dieses verbundenen oder concentrirten Sauerstoff durch das Reagens absorbirt wird, die andere Portion in Freiheit gesetzt werden und könnte durch ihre Entbindung das Volumen zum Ganzen ausdehnen. Nehmen wir z. B. an, es seyen drei Volume Sauerstoff durch ihre gegenseitige Verbindung zu zwei Volumen verdichtet, so würden, wenn ein Drittel dieses verbundenen Sauerstoffs durch Quecksilber absorbirt würde, die übrigen zwei Drittel in Freiheit gesetzt werden und sich folglich zu ihrer normalen Gröfse oder zwei Volumen ausdehnen.



Im J. 1866 machte Soret, beim Experimentiren mit einem durch Elektrolyse erhaltenen Gemisch von Sauerstoff und Ozon, die wichtige Entdeckung, daß wenn er dieß Gemisch in Contact mit Terpentinöl oder Zimmtöl brachte, eine Volumverringerung stattfand zwei Mal so groß wie die Volumvergrößerung, welche das Gemisch erlitten haben würde, wenn das Ozon durch Hitze in gewöhnlichen Sauerstoff verwandelt worden wäre. Mit anderen Worten: Das Volum des Ozons, gemessen durch

die Absorption mittelst des ätherischen Oels, ist doppelt so groß als der Unterschied zwischen dem Volum desselben Ozons und des Sauerstoffs. Daraus schloß Soret, die Dichte des Ozons sey anderthalb Mal so groß wie die des Sauerstoffs.

Die letzten Untersuchungen über diesen Gegenstand sind die von Meißner und von Brodie. Der Erstere hat meine früheren Versuche vollständig bestätigt, daß nämlich die Gewichtszunahme einer Jodkaliumlösung, wenn elektrisches Ozon durch sie geleitet wird, genau dem Gewicht des absorbirten Sauerstoffs entspricht, dieser aus dem entbundenen Jod berechnet. Meißner fand auch, was ich lange zuvor beobachtete, daß bei Anwendung einer neutralen Lösung von Jodkalium die Resultate veränderlich und unzuverlässig sind.

Brodie hat die Wirkung des Ozons auf eine Menge Flüssigkeiten untersucht, und dabei meine und Tait's Resultate bestätigt, daß keine Volumverringerung erfolgt, wenn aus einem Gemisch von Ozon und Sauerstoff das erstere durch Jodkaliumlösung fortgenommen wird. Mit anderen Flüssigkeiten erhielt er volumetrische Resultate, welche er als definitiv betrachtet, obwohl sie von allen früher beobachteten abweichen. Ich bin geneigt, sie eher für complexe Erscheinungen zu halten, welche die schon bekannten volumetrischen Veränderungen in variablen Verhältnissen einschließen. Ueberdies scheinen seine experimentellen Resultate, wenn man sie näher prüft, nicht genügend übereinzustimmen, um den scharfen Schluß, den er aus ihnen zieht, zu rechtfertigen.

Brodie hat für ein durch elektrische Entladung dargestelltes Ozon dieselbe Dichte gefunden (die anderthalbfache des Sauerstoffs), welche Soret früher für ein durch Elektrolyse bereitetes erhielt. Er hielt die von Tait und mir ausgesprochene Vermuthung, daß der Sauerstoff möglicherweise durch die elektrische Entladung zersetzt werde, nicht durch die von ihm beobachteten Thatsachen unterstützt.

Ich will nun kurz die Darstellungsweisen des Ozons und die Haupteigenschaften desselben anführen.

Das Ozon kann erhalten werden, durch Wirkung des elektrischen Funkens oder der glimmenden oder stillen Entladung auf reinen Sauerstoff. Mit der stillen Entladung bekommt man, wie zuvor erwähnt, wenigstens vier Mal soviel Ozon als mit dem Funken. Was den Antheil des Sauerstoffs betrifft, der unter den günstigsten Umständen in Ozon verwandelt werden kann, so war bisher das höchste Resultat dasjenige, welches von Tait und mir in einem Versuche erhalten wurde, wobei das ursprüngliche Volum des Sauerstoffs eine Contraction von einem Zwölftel oder 8,3 Proc. erlitt; bei anderen Versuchen vermochten wir indessen nicht eine so große Volumverringerung zu erlangen. Den Zweifel an der Genauigkeit jenes einzelnen Versuchs bin ich später im Stande gewesen zu entfernen; durch eine geringe Abänderung der Form des Apparats gelang es, grössere Contraktionen zu erhalten, als je bisher beobachtet wurden.

Da diese Methode gestattet, die Contraction des Sauerstoffs bei Verwandlung in Ozon in einem Vorlesungsversuch zu zeigen, so will ich ihn im Detail beschreiben. Die vortreffliche Inductionsrohre von Siemens, in welcher die elektrische Entladung eines Inductionsapparates auf Luft oder Sauerstoff einwirkt, welche den einige Millimeter betragenden Zwischenraum zweier dünnen Glasröhren durchfliesst, ist bisher angewandt worden, um einen continuirlichen Ozonstrom in einem mehr oder weniger concentrirten Zustand zu erhalten. Allein dieser Apparat kann leicht so modificirt werden, dass er die bei Verwandlung in Ozon stattfindende Contraction zeigt. Aus Fig. 22, Taf. V ersieht man die Abänderung, die ich zu diesem Zweck der gewöhnlichen Form der Siemens'schen Röhre gegeben habe. Bei *e* endigt sie in einem Haarröhrchen, das hermetisch verschlossen wird, nachdem ein Strom von reinem trockenem Sauerstoff eine hinlängliche Zeit durch den Apparat geleitet ist, um die Luft zu vertreiben. Bei

genauen Versuchen wird gleichzeitig das andere Ende *b* zugeschmolzen und hernach unter Schwefelsäure geöffnet.

Für Vorlesungen wird es hinlänglich seyn, dasselbe schnell in die im Becher *a* (Fig. 23, Taf. V) enthaltene Säure zu tauchen. Auch ist die Inductionsröhre, wie diese Figur zeigt, bis 12 Mm. von ihrer oberen Fläche eingetaucht in Wasser, welches in einem isolirten Gefäße *AA'* enthalten ist. Die innere Höhlung der Inductionsröhre ist ebenfalls gefüllt mit Wasser bis etwa zu demselben Niveau. Mittelst Drähte, die bis auf die unteren Enden *pp'* mit Kautschuk überzogen sind, kann die Entladung eines Inductoriums, das in der Luft Funken von 10 Mm. giebt, durch den Apparat geleitet werden. Das Wasser in *AA'* wird so andauernd wie möglich auf die Temperatur des Zimmers gehalten und jede im Laufe des Versuchs etwa eintretende Veränderung durch ein empfindliches Thermometer *t* angegeben. Die Veränderungen des Barometers werden auch sorgfältig beobachtet. Bei sehr genauen Versuchen muß die Oberfläche der Inductionsröhre mit Zinnfolie bekleidet und das cylindrische Gefäß mit Eis gefüllt werden. Vor dem Anfang der Versuche wird es zweckmäßig seyn, wenn die Temperatur noch nicht die Adjustirung vollzogen hat, etwas Sauerstoff aus der Inductionsröhre zu treiben, so daß das Niveau der Säure etwas über *b'* zu stehen kommt. Beim Hindurchleiten der elektrischen Entladung wird die Säure anfangs, wegen der abstoßenden Wirkung der Theilchen des elektrisirten Gases, einige Millimeter hinabgedrückt werden, späterhin aber stetig steigen und eine Zeit lang mit solcher Schnelligkeit, daß das Aufsteigen der sauren Säure leicht mit dem Auge verfolgt werden kann. Wenn der Strom unterbrochen wird, erfolgt ein plötzliches Steigen der sauren Säule, welches gleich ist der ersten Depression beim Schließen des Conductoriums, worauf das neue Niveau der Säule fertig ist.

Ein anderes Mittel zur Herstellung des Ozons ist die Elektrolyse des Wassers und gewisser Säuren und Salzlösungen. Die zweckmäßigste Flüssigkeit zu diesem Be-

hufe ist ein Gemisch von 1 Thl. Schwefelsäure und 8 Thl. Wasser; je niedriger die Temperatur während der Elektrolyse ist, je größer ist die Ausbeute an Ozon. Die einfachste und wirksamste Vorrichtung zur Erlangung des Ozons ist folgende, die ich viele Jahre bei meinen Vorlesungen benutzt habe.

Sie besteht aus einer Glasglocke *a* (Fig. 24, Taf. V) oder einem cylindrischen Glasgefäß, das unten offen ist und sich oben zu einem Halse verengt; es hängt in einer runden Zelle *bb'* von poröser Thonwaare und läßt einen klaren Raum von zwei Zoll zwischen seinem unteren Rande und dem Boden der porösen Zelle. Das Ganze steht in einer Glasflasche *cc'* von etwas größeren Dimensionen als die Zelle. Ein unten an die Glasglocke gehängtes Bündel Platindrähte *p* dient als positiver Pol und ein breiter Platinstreif *nn'*, zwischen der äußeren Glasflasche und der porösen Zelle angebracht, als negativer Pol einer Volta'schen Batterie von drei oder vier Elementen. Ein Entbindungsrohr, das mit dem Hals der Flasche hermetisch verbunden ist, führt das am positiven Pol entwickelte Gemisch von Sauerstoff und Ozon zu einer Trockenröhre *d* mit Schwefelsäure. Aus dieser Trockenröhre geht das Gas durch die Verbindungsröhre *e* und einigen anderen Röhren, um die Eigenschaften des Ozons zu erläutern. So ist in der Figur abgebildet, wie dasselbe eine Röhre von hartem Glase *ff'* durchstreicht, die mit einem Drahtgewebe umgeben ist und nahe über der Oberfläche des Quecksilbers in der Flasche *h* mündet. So lange das Gas beim Durchgang durch die Röhren *ff'* mittelst Weingeistlampen *gg'* stark erhitzt wird, verändert sich das Quecksilber nicht im Mindesten; so wie man aber die Lampen entfernt und die Röhre erkalten läßt, wird das Quecksilber rasch angegriffen. Es muß jedoch bemerkt werden, daß alle Verbindungen mit trocknen und dicht schließenden Korken gemacht seyn müssen und man auch sorgfältig darauf zu achten hat, daß die Enden der Verbindungsrohren ein wenig aus den Korken hervorragen. Bei diesen Vorsichtsmafsregeln

ist der Verlust an Ozon durch seine Wirkung auf die Korke ganz unbedeutend.

Man kann auch Ozon erhalten durch langsame Oxydation des Phosphors, gewisser Aetherarten und ätherischer Öle bei Gegenwart von Feuchtigkeit.

Einige der Eigenschaften des Ozons sind bereits angeführt. Bei gewöhnlicher Temperatur der Luft und wenn es trocken ist, kann es in zugeschmolzenen Röhren sehr lange aufbewahrt werden, allein allmählich kehrt es in den Zustand des gewöhnlichen Sauerstoffs zurück. Diese Umwandlung geht um so rascher vor sich, je höher die Temperatur ist und bei 237° C. ist sie fast instantan (*Pilosoph. Transact. f. 1856, p. 12*). Die gleichzeitig eintretende Volumveränderung ist schon hinreichend beschrieben. Aehnlich wie die Wärme wirken verschiedene Oxyde, z. B. Silberoxyd oder Manganhyperoxyd, welche durch Contact oder, wie man es nennt, katalytisch das Ozon augenblicklich in gewöhnlichen Sauerstoff verwandeln. Das Ozon, besonders wenn es in einem sehr verdünnten Zustande ist, wird auch durch Schütteln mit Wasser zersetzt.

Allein die interessanteste Thatsache dieser Art ist eine, die ich neuerlich beobachtete. Trocknes Ozon nämlich, selbst wenn es in solcher Menge vorhanden ist, daß es Jodkalumpapier schnell röthet, wird durch starkes Schütteln mit feinen Glasstücken leicht zersetzt, obwohl es, wie wir gesehen haben, in zugeschmolzenen Glasröhren fast unbestimmt lange gut aufbewahrt werden kann. Dieser Versuch scheint mir ein neues und engeres als je beobachtetes Glied zwischen rein mechanischer Action und chemischer Veränderung zu seyn.

Das Ozon ist ein mächtig oxydirendes Agens. Es greift Quecksilber und Silber mit großer Energie an und verwandelt sie in Oxyde. Der Versuch mit Quecksilber ist sehr auffallend und ein empfindliches Reagens, es mag trocken oder feucht seyn. Einige wenige Blasen Sauerstoff, die nicht mehr als $\frac{1}{500}$ an Ozon enthalten, sind hinreichend, um die physikalischen Kennzeichen von mehreren

Pfunden gänzlich zu verändern, indem sie der Metallfläche den Glanz und die Convexität rauben und ein Anhaften derselben an die Wände des Glasgefäßes bewirken. Leitet man Ozon in verdünntem Zustand langsam durch eine mit Blattsilber gefüllte Röhre, so wird das Metall bis zu einem Abstand von 2 oder 3 Mm. oxydirt, allein die Oxydation schreitet nicht weiter fort, obgleich die Ozon-Reactionen gänzlich zerstört werden. Dieß auffallende Resultat entspringt aus einer katalytischen Wirkung der anfänglich gebildeten Portionen des Oxyds. Der Betrag des hiebei gebildeten Oxyds ist so gering, daß die Gewichtszunahme eines Glasrohrs, durch welches mehrere Liter von elektrolytischem Ozon geleitet wurden, in Folge der Bildung von Oxyd einen kaum wahrnehmbaren Bruchtheil eines Milligramms betrug.

Das Ozon wird von Terpentinöl, Citronenöl und anderen ätherischen Oelen absorbirt. Diese Oele haben auch, wie der Phosphor, das Vermögen den Sauerstoff in Ozon zu verwandeln, während sie sich langsam oxydiren; wenn Terpentinöl eine Zeit lang in einer mit Luft oder Sauerstoff gefüllten Flasche geschüttelt wird, so erlangt es die Eigenschaften des Ozons.

Ozon zersetzt eine Lösung von Jodkalium und scheidet Jod aus, welches man an seiner rothen Farbe oder seiner blauen Verbindung mit Stärkmehl erkennt. Wird die Wirkung hinreichend lange fortgesetzt, so verschwindet das freie Jod, indem sich jodsaures Kali bildet und die Lösung farblos wird. Geröthetes Lackmuspapier, befeuchtet mit Jodkaliumlösung, wird, der Wirkung des Ozons ausgesetzt, wieder blau, weil sich durch die Zersetzung des Salzes ätzendes Kali gebildet hat. Bei Anwendung dieses Reagens erweist es sich oft nützlich, das freie Jod durch Waschen des Papiers mit starkem Alkohol fortzunehmen. Diese Form des Jodkalium-Reagens ist von Houzeau vorgeschlagen zur Entdeckung des Ozons in der Atmosphäre. Ozon erzeugt auch andere Reactionen von ähnlichem Charakter, die ich hier bloß namhaft machen will. Papier,

befeuchtet mit schwefelsaurem Mangan, wird durch Wirkung dieses Reagens braun, durch Bildung von Manganhyperoxydhydrat. Lösungen von Thalliumoxyd werden gleichfalls in braunes Hyperoxyd verwandelt, das schwarze Schwefelblei in weißes Sulfat und das gelbe Cyaneisenkalium in rothes. Die Wirkung des Ozons auf Guajakinctur, welche dadurch blau wird, war Gegenstand speciellen Studiums von Schönbein.

Das Bleichvermögen des Ozons ist höchst charakteristisch und hat deshalb besondere Aufmerksamkeit erregt. Es raubt dem Indigo seine blaue Farbe und verwandelt es in Isatin. Es bleicht das Lackmus und andere vegetabilische Farben mit Leichtigkeit. Es sind Versuche gemacht, diese Eigenschaft des Ozons in den Künsten anzuwenden, besonders zum Raffiniren des Zuckers und zum Bleichen der Leinwand. Es ist angegeben worden, diese und andere Anwendungen des Ozons als entfärbendes oder bleichendes Mittel wären erfolgreich gewesen; allein mit Bedauern muß ich sagen, daß die Resultate meiner Versuche in dieser Hinsicht ungünstig waren. Zur Bereitung des Ozons im Großen aus gewöhnlicher Luft ist von Beanes eine Abänderung der Siemens'schen Röhre vorgeschlagen, die sehr wirksam und kräftig ist.

Ich will die Gesellschaft nicht aufhalten mit der Geschichte des sonderbaren Körpers, dem Schönbein den Namen *Antozon* gegeben hat. Er betrachtet diesen Körper als Ozon, welches permanent positive Eigenschaften besitzt, während er das Ozon für negativen Sauerstoff hält. Gewöhnlicher oder inactiver Sauerstoff ist nach ihm eine Verbindung von Ozon und Antozon. Diese Ansichten werden nicht durch neuere Untersuchungen unterstützt; vielmehr lassen diese wenig daran zweifeln, daß das Schönbein'sche Antozon identisch ist mit Thénard's Wasserstoffhyperoxyd. Diefes letztere kann durch seine Löslichkeit in Wasser leicht vom Ozon unterschieden werden.

Bald nach der Entdeckung des Ozons beobachtete Schönbein, daß die Luft im Freien häufig ein empfind-

liches Ozonreagenspapier in derselben Weise wie Ozon selbst färbe und daraus schloß er, das Ozon sey ein normaler Bestandtheil unserer Atmosphäre. Er folgerte weiter, daß die Menge dieses Körpers an verschiedenen Orten verschieden sey und an demselben Ort zu verschiedenen Zeiten. Und mit großer Kühnheit versuchte er die An- oder Abwesenheit desselben mit der Häufigkeit oder Seltenheit gewisser katarrhalischer Affectionen in Verbindung zu setzen. Dadurch öffnete er ein neues Untersuchungsfeld, welches seitdem durch eine große und eifrige Zahl von Beobachtern emsig kultivirt worden ist. Bevor ich jedoch deren Arbeiten anführe, wird es nöthig seyn, einen Blick zu werfen auf den gegenwärtigen Zustand unserer Kenntniß in Betreff des Daseyns von Ozon in unserer Atmosphäre.

Schönbein behauptete stets, das Ozon sey ein Bestandtheil der atmosphärischen Luft und seine mannigfachen Aufsätze über diesen Gegenstand würden, wenn man sie sammelte, einen dicken Band bilden. In seiner letzten Abhandlung bemerkt er, die active Substanz in der Atmosphäre wirke in paralleler Weise auf Jodkalium- und Thalliumsuboxyd-Papier, obwohl langsamer auf das letztere; und das Thalliumpapier, welches durch die Luft braun gefärbt worden, verhalte sich gegen Reagentien eben so wie das, welches dem künstlichen Ozon ausgesetzt wurde. Aus diesen Thatsachen schließt er, daß die active Substanz in der Atmosphäre weder Stickstoffoxyd noch Schwefelwasserstoff sey. Ferner behauptet er, daß die Atmosphäre niemals freie Salpetersäure enthalte, obwohl salpetersaures Ammoniak häufig in kleinen Mengen vorhanden sey und daß weder Chlor noch Brom im freien Zustande, wegen ihrer Affinität, in der Luft zugegen seyn können.

Houzeau behauptete ebenfalls, daß die Existenz des Ozons in der Luft durch die alkalische Reaction des Jodkaliumpapier erwiesen sey, welches durch Aussetzung an die Luft zersetzt worden. Obwohl Experimente und Argumente dieser Art hinreichend waren, die Ansicht wahr-

scheinlich zu machen, daß die active Substanz, welche in der Atmosphäre diese Reactionen hervorbringt, Ozon sey, so waren sie doch keineswegs schlussfest und daher betrachteten viele der ausgezeichnetsten Chemiker Europas die Frage noch als zweifelhaft, während andere die beobachteten Effecte oxydirenden, vom Ozon ganz verschiedenen Agentien zuschrieben. Ich will in dieser Beziehung nur Frémy nennen, der gemeinschaftlich mit Becquerel die schon angeführte Untersuchung machte und 1865 in einer Sitzung der Pariser Akademie sagte: „Ohne die Wichtigkeit der in dem Aufsätze von Schönbein oder dem von Houzeau gegebenen Andeutungen läugnen zu wollen, finde ich doch nicht, daß diese Reactionen die Existenz des atmosphärischen Ozons mit hinlänglicher Sicherheit beweisen. Ich bin der Meinung, daß das Daseyn des Ozons in der Atmosphäre aufs Neue durch unwiderlegliche Versuche festgestellt werden müßte“.

Im J. 1867 machte ich eine Reihe Versuche, die ich einige Jahre zuvor erdacht hatte, um die wichtige Frage endgültig zu entscheiden. Die von mir erdachte Methode bestand darin, zu ermitteln, ob die active Substanz in der Atmosphäre, aufser der Fähigkeit die Lösungen von Jodkalium und anderen Salzen zu zersetzen, auch die übrigen, so ausgezeichneten Eigenschaften des Ozons besitze. Die Untersuchung war eine mißliche wegen der äußerst geringen Menge, die selbst unter den günstigsten Umständen von der activen Substanz in der Atmosphäre vorhanden war. Die Resultate dieser Untersuchung sind in den *Proceedings of the Royal Society for 1867* veröffentlicht:

1. Leitet man einen Strom von atmosphärischer Luft, welche die gewöhnliche Reaction auf Jodkaliumpapier giebt, in einer U-Röhre einige Stunden lang über Quecksilber, so wird dieses deutlich oxydirt.

2. Die Ozon-Reactionen verschwinden, wenn man die Luft durch eine Röhre leitet, die einige Stückchen von trockenem Manganoxyd enthält. Der Versuch wurde fortgesetzt bis 30 Liter Luft durch die Mangan-Röhre ge-

gangen waren, ohne die geringste Entfärbung eines empfindlichen Reagenspapiers zu bewirken.

3. Allein das *Experimentum crucis* bestand darin, daß ich zu ermitteln suchte, ob der active Stoff in der Atmosphäre, wie das Ozon, seine charakteristischen Eigenschaften durch Erhitzung bis 237° C. verliere. Um dies zu bestimmen, wurde ein Strom von atmosphärischer Luft, welche starke Ozon-Reactionen gab, durch ein mit Drahtgewebe bekleidetes, kugelförmiges Glasgefäß von 5 Liter geleitet (Fig. 25, Taf. V) und dann noch durch eine U-Röhre von 1 Meter Länge, deren Innenwand mit Wasser befeuchtet war, während sie selbst durch Eintauchen in ein Gefäß mit kaltem Wasser kalt gehalten wurde. Nach Durchstreichung des kugelförmigen Gefäßes und der angefeuchteten Röhre wurde die Luft auf einen Streifen empfindlichen Reagenspapiers geblasen, um die An- oder Abwesenheit von Ozon zu ermitteln. Als die atmosphärische Luft mittelst eines durch ein Uhrwerk gehobenen Aspirators gleichmäßig durch diesen Apparat gesogen wurde, wurde das Jodkaliumpapier nach 2 oder 3 Minuten deutlich geröthet, sobald man die Glaskugel nicht erhitzt hatte. Als aber die Luft beim Durchgang durch die Kugel bis 260° C. erhitzt wurde, konnte nicht die geringste Einwirkung auf das Papier entdeckt werden, wie lange man auch den Luftstrom unterhielt. Anderseits, als Luft, die frei war von Ozon, aber Spuren von Chlor oder den höheren Stickstoffoxyden enthielt, durch den Apparat gezogen ward, wurden die Reagenspapiere gleichmäßig angegriffen, die Kugel mochte heiß oder kalt seyn. Diese Versuche wurden seitdem von Hrn Dr. C. Fox mit Erfolg wiederholt.

Die Identität des activen Stoffes in der Atmosphäre mit dem Ozon kann jetzt ohne Widerrede als festgestellt betrachtet werden, eben so, wie die Richtigkeit der Ansichten Schönbein's über diesen Gegenstand vollkommen bestätigt sind. Den Betrag des Ozons in der Atmosphäre zu bestimmen, ist jedoch ein Problem von unübersteiglicher Schwierigkeit, wegen der äußerst geringen Menge,

in welcher es selbst im Maximo vorkommt. Dagegen kann seine Anwesenheit leicht durch jedes gewöhnliche jodirte Stärkmehlpapier nachgewiesen werden und selbst noch leichter durch weißes Löschpapier, das man mit einer verdünnten Lösung von Jodkalium befeuchtet und darauf im Dunkeln freiwillig trocknen gelassen hat. Wird ein Streifen von diesem Papier nur fünf Minuten lang einem Luftstrom ausgesetzt, wie es oft vom Winde geliefert wird oder durch rasches Gehen erzeugt werden kann, so findet man, daß er eine schöne rothe Farbe angenommen hat, selbst wenn Ozon in den kleinsten Mengen vorhanden ist. Die Farbe wird am besten wahrgenommen, wenn man den der Luft ausgesetzten Streif mit einem ihr nicht ausgesetzten vergleicht. Die Wirkung des gewöhnlichen Tageslicht ist nach kurzer Zeit selten wahrnehmbar und diese Fehlerquelle kann durch Einschließen des Papiers in eine Holzbüchse leicht vermieden werden.

Obgleich wir mit den jetzt bekannten experimentellen Hilfsmitteln schwerlich hoffen dürfen, den zu einer Zeit in der Atmosphäre vorhandenen Betrag von Ozon zu bestimmen, so wäre es doch möglich, wie Schönbein vor langer Zeit vorgeschlagen hat, durch Anlegung einer chromatischen Scale zu den Angaben der Probepapiere die relative Menge desselben an verschiedenen Orten und deren Veränderungen an einem und demselben Ort angenähert auszumitteln. Solche Schätzungen müssen indeß sehr unsicher bleiben, da die auf den Probepapieren erzeugten Farbenstufen schwerlich eine genaue Bestimmung durch Zahlen zulassen; und in diesem speciellen Fall sind sie einer besonderen Fehlerquelle ausgesetzt, als es wenig zu bezweifeln ist, daß ein großer, aber unbekannter Theil des in der Luft vorhandenen Ozons, welcher mit dem Papier in Berührung kommt, katalytisch zerstört wird und durchaus keinen Effect hervorbringt. Indeß giebt das Ozonometer, besonders in Verbindung mit einem Aspirator, ohne Widerrede werthvolle Angaben in Betreff der Ozonzustände in der Atmosphäre, und bis genauere Me-

thoden erdacht worden sind, dürften diese Beobachtungen sicher fortzusetzen seyn.

Ozon findet sich selten in der Luft großer Städte, es sey denn in Vorstädten, wenn der Wind vom Lande bläst; und nur sehr selten und sehr ausnahmsweise ist es in der Luft der größten und best ventilirten Zimmer vorhanden. In der That wird es in Räumlichkeiten, wo große Menschenmassen wohnen, durch Rauch und andere Unreinigkeiten schnell zerstört; diese zerstörende Wirkung habe ich oft zwei bis drei engl. Meilen entfernt von einer Fabrikstadt wahrgenommen, selbst beim schönsten und hellsten Wetter.

Dagegen fehlt das Ozon selten, wenn je, bei schönem Wetter in der Luft auf dem Lande, und ist im Ganzen reichlicher auf Bergen als in der Ebene vorhanden. Man sagt auch, es finde sich an der See in größerer Menge als landein. Es ist auch nach Gewittern in ungewöhnlicher Menge gefunden worden, eine Thatsache, welche der Ansicht günstig ist, daß die Gegenwart des Ozons in der Atmosphäre herrührt von der Wirkung der freien Elektrizität auf die Luft oder deren Sauerstoff. Einigen Beobachtern zufolge ist die Menge des Ozons im Winter größer, als im Sommer, im Frühling größer als im Herbst; nach Anderen ist sie im Frühling und Sommer größer als im Herbst und Winter. In Betreff des Einflusses von Tag und Nacht sprechen sich die Beobachter verschieden aus. Gewöhnlich hat man Ozon reichlicher bei Nacht als bei Tage in der Luft gefunden, doch haben einige sorgfältige Beobachter das Gegentheil beobachtet.

Schönbein war der Erste, welcher versuchte, die Functionen des atmosphärischen Ozons zu verknüpfen mit dem Vorwalten oder der Abwesenheit epidemischer Krankheiten; und seitdem sind viele Beobachtungen in verschiedenen Ländern gemacht, in der Absicht zu ermitteln, ob wirklich ein Zusammenhang existire zwischen den Angaben des Ozonometers und dem Gesundheitszustand einer Gegend. Es ist z. B. behauptet worden, es sey das Resultat der

Erfahrung, daß ein Ausbruch der Cholera begleitet sey von einer merklichen Verminderung des atmosphärischen Ozons; allein diese Angabe ist durch spätere und glaubwürdigere Beobachtungen widerlegt. Im Ganzen glaube ich kann mit Grund behauptet werden, daß bis jetzt kein Zusammenhang erwiesen ist zwischen der Ozonmenge in der Atmosphäre und dem Auftreten von Epidemien oder andern Krankheitsformen.

Die permanente Abwesenheit des Ozons in der Luft eines Orts kann jedoch als ein Beweis angesehen werden, daß wir, wenn ich so sagen darf, verdorbene Luft einathmen. Seine Abwesenheit in der Luft von Städten, großen Räumlichkeiten und selbst in der Landluft, ist wahrscheinlich die Hauptursache des Unterschiedes, welchen Jeder fühlt, der, nachdem er die Luft der Stadt oder eines noch so geräumigen Zimmers eingeathmet hat, in die frische oder ozonhaltige Landluft kommt. Es ist in der That höchst wahrscheinlich, daß viele der wichtigsten Actionen, durch welche die Producte der vegetabilischen und animalischen Abfälle durch Oxydation aus der Luft fortgeschafft werden, ein Werk des Ozons sind und nicht des gewöhnlichen oder inactiven Sauerstoffs. Wenn die Ozonmenge zu klein erscheinen sollte, um so große Resultate hervorzubringen, so muß man sich erinnern, daß das Ozon wegen seiner kräftigen Verwandtschaft fortwährend verbraucht wird, und deshalb beständig erneut werden muß.

Die physiologische Wirkung des Ozons auf das animalische System ist ein Gegenstand von Interesse und ich bin im Stande, die allgemeinen Resultate zweier unabhängigen Untersuchungen anzuführen. Die eine ist vor einigen Jahren von Dr. Redfern, am Queen's College in Belfast, angestellt, die andere neuerlich dieser Gesellschaft (der Edinburger) von Hrn. Dewar und Dr. Mac-Kendrick mitgetheilt. Dr. Redfern hat seine Versuche nicht veröffentlicht, mir aber gütigst folgende Note darüber mitgetheilt: „Die allgemeinen Resultate“, sagt er, „habe ich durch etwa 40 Versuche erhalten, die ich vom Mai bis

September 1857 anstellte, um die Wirkung von Sauerstoff und Ozon auf Thiere zu finden. Die Einathmung von Sauerstoff, der $\frac{1}{240}$ Ozon enthält, auch nur sehr kurze Zeit, ist sicher allen Thieren tödtlich. Dasselbe Gas ist, nachdem es über Manganhyperoxyd geleitet und vom Ozon befreit worden, verhältnißmäßig harmlos, selbst wenn es lange Zeit eingeathmet wird. Die Einathmung eines solchen Gemisches von Ozon, nur 30 Secunden lang, tödtet kleine Thiere; einige sterben schon nach 15 Secunden, während ähnliche Thiere Monate lang in guter Gesundheit lebten, nachdem sie 37 Stunden Sauerstoff allein geathmet hatten, wobei die Kohlensäure fortgeschafft worden. Der Tod erfolgt nicht durch das Schließen der Glottis, denn er erfolgt auch, wenn eine große Oeffnung in der Trachea gemacht ist. Das Ozon verursacht den Tod durch Erzeugung einer intensiven Compression der Lunge mit Emphysema und Distention der rechten Seite des Herzens mit flüssigem oder coagulirtem Blut, begleitet von Convulsionen. Wird das Ozon in verdünnter Form eingeathmet, so werden die Thiere schläfrig und sterben ruhig am Coma, der Zustand der Lungen und des Herzens ist derselbe, ausgenommen, daß die Emphysema weniger ausgebildet ist. Thiere, welche mehr als 12 Stunden lang Sauerstoff eingeathmet haben, sterben darauf zuweilen plötzlich durch Bildung von Coagulation im Herzen, selbst wenn sie tagelang bei guter Gesundheit zu seyn schienen“.

Folgendes sind die Schlüsse des Hrn. Dewar und Dr. Mc. Kendrick aus ihren Versuchen. Das Einathmen einer stark mit Ozon beladenen Luft verringert die Anzahl der Athemzüge per Minute und verringert die Stärke der Herzpulsationen, zugleich sinkt die Temperatur des Thiers um 3° bis 5° C. Nach dem Tode findet sich das Blut in einem venösen Zustande. Weder die Capillar-Circulation, noch die Reflexthätigkeit des Rückgrats ist merklich afficirt. Dasselbe gilt von der Contractilität und Arbeitskraft der Muskeln. Das Ozon wirkt auf die farbigen und farblosen Körperchen des Frosches, wie die Kohlensäure.

Die thermischen Veränderungen, welche die Reactionen des Ozons begleiten, sind sehr markirt und die Untersuchung derselben, welche Hr. Dewar unternommen hat, verspricht unserer thermo-chemischen Kenntniß einen werthvollen Zuwachs.

**VI. Studien über erd-magnetische Messungen;
von Dr. Karl Braun, S. J. in Kalksburg
bei Wien.**

Da ich um das Jahr 1870 längere Zeit in Rom magnetische Messungen ausführte, habe ich die dabei gesammelten zahlreichen Notizen verwendet, um darüber Studien anzustellen, welche vielleicht von einigem Interesse seyn dürften, sowohl für die Theorie als für die Praxis solcher Messungen.

Die nächste Veranlassung dazu bot mir die Vortreflichkeit des von P. Secchi mir zur Verfügung gestellten Inklinatoriums. Es ist dieß eines von denen, welche auf englischen magnetischen Stationen gebräuchlich sind, von Barrow construirt, und unterscheidet sich von den in Deutschland gebräuchlichen im äußeren hauptsächlich nur durch seine geringeren Dimensionen, besonders in Betreff der Nadeln, wie auch dadurch, daß der Verticalkreis einen verhältnißmäßig größeren Abstand von der Nadel hat, was bekanntlich von großem Vortheil ist.

Die Messungen mit diesem Instrument gaben mir Resultate von einer solchen Genauigkeit, wie ich sie vorher für gänzlich unerreichbar gehalten hatte. Während die Inklinationmessungen mit den seither üblichen Instrumenten höchstens als bis auf etwa 8 Minuten genau angesehen werden könnten, selbst bei denen, welche von den ausgezeichnetsten Künstlern Deutschlands construirt worden

waren, fand ich — und ich werde es im Folgenden beweisen — bei meinen Messungen einen mittleren Fehler von nur 20 Secunden.

Dafs es den Mechanikern Englands gelungen ist, Inklinatorien von dieser Vollkommenheit herzustellen, ist eine Errungenschaft, welche vieles in den seither üblichen Messungsmethoden gänzlich umzugestalten geeignet ist. Es handelt sich jetzt um die theoretische Erörterung und die praktische Eliminirung von Instrumental-Fehlern, welche früher als gänzlich unnütz und illusorisch erschienen seyn würden und die deshalb auch noch nicht ernstlich besprochen worden sind. Es wird demnach wohl von einigem Interesse seyn, wenn ich im Folgenden die Bestimmung der magnetischen Elemente hauptsächlich von dieser Seite bespreche. Vielleicht könnte ich etwas beitragen, dafs die Genauigkeit dieser Messungen in Theorie und Praxis zu dem Grad ausgebildet würde, welchen die technische Vollkommenheit dieser neueren Instrumente zu erreichen gestattet.

Die ausnehmende Genauigkeit der Inklinations-Messungen hat aber noch eine andere, wie mir scheint ziemlich wichtige Errungenschaft zur Folge. Der Gedanke liegt sehr nahe, das Inklinatorium auch zu Deklinationsbestimmungen zu benutzen. In dieser Richtung habe ich Versuche gemacht, um zu sehen, ob auch noch hierin ein hinreichender Grad von Genauigkeit erreicht werden könne. Der Erfolg hat meinen Hoffnungen vollständig entsprochen, wie ich des näheren zeigen werde.

Ist das nun schon an sich von einigem Interesse, so wird es um so wichtiger, als dadurch das Inklinatorium ein *magnetisches Universal-Instrument* wird, mittelst dessen man *alle* magnetischen Elemente mit einer Genauigkeit bestimmen kann, welche auch bei dem heutigen Standpunkt der Wissenschaft als hinreichend angesehen werden kann. Dieser Vorthail ist besonders bei Messungen auf Reisen hoch anzuschlagen; denn in einem Kästchen von 8, 8½, 11 rhein. Zoll ist absolut *Alles* enthalten, was man für mag-

netische Expeditionen bedarf, während die sonst gebräuchlichen Instrumente unverhältnißmäfsig gröfser, schwerer und theurer sind. Ueberdies kommen auch dabei keine Fäden vor, welche reißen oder durch Torsion nie vollständig zu beseitigende Fehler veranlassen könnten, sondern Alles ist von festem soliden Metall.

Ich werde im Folgenden die Bestimmung der drei magnetischen Elemente im einzelnen besprechen, dabei aber vorzugsweise nur solche Bemerkungen ausführen, welche zu einer gröfseren Genauigkeit der zu erzielenden Resultate oder auch zu gröfserer Leichtigkeit der Operationen beitragen können, ohne mich bei allgemein bekanntem aufzuhalten. Den Grad der zu erreichenden Genauigkeit werde ich besonders gut zu erhärten und auch namentlich bei der Intensität theoretisch zu erörtern, bemüht seyn.

Manches von dem zu sagenden habe ich zwar schon vorläufig in einer nicht sehr bekannten italienischen Zeitschrift (*bulletino meteorologico del Coll. Rom, vol. X*) veröffentlicht. Indessen war das mehr ein Umrifs. Die dortigen Theorien sind sehr unvollkommen, die Fehlerbestimmungen für die Messungen geschehen nur nach einer rationalen Schätzung, die feineren Instrumentalfehler der Inklinatorien werden gar nicht besprochen, auch nicht die Weber'sche Inklinationsbestimmung mittelst Erd-Inductoren, welche bis in die neueste Zeit als die genaueste galt. In Folgendem denke ich alles dies hinreichend zu erörtern; ausserdem werde ich noch eine theoretisch und practisch begründete Vergleichung zwischen der Lloyd'schen Intensitäts - Bestimmung und den Magnetometermessungen geben, und dabei überall die Fehlerbestimmung nach der Methode der kleinsten Quadrate angeben. Manches von dem vorläufig Veröffentlichten mußte ich auch wieder einflechten, weil sonst die weiteren einlässigeren Bemerkungen unklar oder weniger verständlich geworden wären. Zudem möchte ich auch meinen, dafs eben die zu besprechenden Methoden zu wenig gekannt oder geübt werden und dafs es im Interesse der Wissenschaft liegen dürfte, dafs die-

selben einem mehr allgemeinen Eingang empfohlen würden, selbst auf die Gefahr hin, daß manches gesagt werde, was vielleicht schon mehr weniger bekannt ist.

4. Inklinations-Messungen.

Daß sehr genaue Inklination-Messungen sehr schwierig sind, ist bekannt. Desto mehr aber sollte man bei denselben allgemeine Vorsichtsmafsregeln nicht außer Acht lassen. So sollte man stets nach dem Magnetisiren und vor dem Auflegen der Nadel diese sowohl als auch die Agat-Kanten mit einem weichen Pinsel oder Läppchen sorgfältig reinigen. Die Nadel selbst und noch vielmehr die Zapfen sollte man nie mit bloßen Fingern berühren. Auch sollte vor jeder Ablesung einer Stellung der Nadel diese selbst erst mehrmals gehoben werden bis sie eine constante Stellung im Mikroskop beibehält. Geschieht die Hebung im geeigneten Moment, wo nämlich die Nadel gerade die Mitte einer Oscillation passirt, so erreicht man dieses meist nach 2 oder 3 Hebungen. Bisweilen aber bedarf es deren 12 bis 20.

Um etwas mehr auf das Einzelne einzugehen, werde ich die acht verschiedenen Stellungen der Nadel, welche man beobachtet, eigens bezeichnen. Nennt man i_1 den Winkel, welchen man abliest, wenn ein (gewöhnlich mit A bezeichnetes) Ende der Nadel Südpol ist, diese Schrift gegen das Glasthürchen gekehrt ist und die Beobachtung von Westen her geschieht, so erhält man i_2 durch Drehung des Instrumentes um 180° . Legt man dann die Nadel um, so entsteht i_3 , und durch Zurückführung des Instrumentes i_4 . Dann werden die Pole gewechselt und man erhält i_5 , i_6 , i_7 , i_8 auf ganz gleiche Weise. Nennt man dann N den Albidaden- oder Index-Fehler des Kreises, O den durch Nicht-Horizontalität der Agatkanten, G den durch Excentricität des Schwerpunktes der Nadel bewirkten, und C den Collimations-Fehler derselben, d. h. den Winkel zwischen der magnetischen und geometrischen Axe, so ist

$$\begin{array}{lcl}
 i_1 = i + N + O + C' + G & \left. \begin{array}{l} i_5 = i + N + O' + C' - G'' \\ i_6 = i - N - O - C' + G' \end{array} \right\} J_1 & i_3 = i + N + O' + C' - G'' \\
 i_2 = i - N - O - C' + G' & & i_4 = i - N - O' - C' - G'' \\
 i_3 = i - N - O + C' + G' & \left. \begin{array}{l} i_7 = i - N - O' + C' - G'' \\ i_8 = i + N + O' - C' - G'' \end{array} \right\} J_2 & i_1 = i + N + O' + C' - G''
 \end{array}$$

Nimmt man das Mittel, so erhält man die wahre Inklination i , und die genannten Fehler verschwinden sämmtlich, wenn man annehmen kann, daß $G = G'$, $G' = G''$ ist.

Dies findet statt, wenn das magnetische Moment der Nadel bei beiden Hälften der Operation gleich ist. Hieraus ergibt sich schon eine für diese neueren Instrumente unerläßliche *Vorsichtsmaßregel*:

Man soll die Nadel nicht bloß nach Vollendung der ersten Hälfte der Messungen *ummagnetisiren*, sondern auch am Anfang; und zwar jedesmal mit derselben Anzahl Striche und angenähert bis zum Maximum, wozu etwa 6 bis 8 Striche auf jeder Seitenfläche hinreichen. Dadurch bewirkt man, daß die oben genannten Fehler gleich werden und sich aufheben, während die Fehler der ersten Gruppe stets größer seyn werden, wenn man diese Messungen mit einer Nadel macht, welche schon viele Tage seit ihrer Magnetisirung im Kasten gelegen hat. Außerdem sind dieselben Fehler auch absolut kleiner, wenn die Nadel bis nahe zum Maximum magnetisirt ist.

Eine weitere Vorsicht besteht darin, daß man sucht, wo möglich wenige aber desto genauere Partial-Messungen und -Ablesungen zu machen. Je größer die Zahl der Ablesungen ist, desto geringer wird die Sorgfalt bei den einzelnen seyn; und die Zahl ersetzt bei weitem nicht die größere Sorgfalt. Man wird deshalb alle Ablesungen nur mit *einem Nonius* machen anstatt mit beiden. Die Fehler, welche dabei begangen werden, heben sich von selbst auf, sobald einer jeden Ablesung eine andere entspricht, welche im entgegengesetzten Quadranten, sey es mit demselben oder mit dem andern Nonius, entspricht. Dieser Bedingung kann auf verschiedene Weise genügt werden; es ist aber rathsam, in der Praxis eine bestimmte Methode

einzuhalten; also z. B. 1. Man kann einen Nonius ganz bedecken, muß aber dann für die zweite Hälfte der Messungen die Mikroskope umwenden, so daß derselbe Nonius im unteren Halbkreis sich bewegt, welcher vorher im oberen stand — was übrigens ohnehin zu geschehen pflegt. 2. Man kann die Nonien abwechselnd ablesen mit der überaus einfachen Regel, daß man stets nur denjenigen Nonius abliest, welcher zur Seite des Mikroskopes sich befindet, mit dem man auf die Nadel eingestellt hat. 3. Man kann auch alle Ablesungen bloß mit dem *oberen* Nonius machen, was in Anbetracht der Beleuchtung und Bequemlichkeit von Nutzen ist; muß aber dann am Resultat die Excentricitäts-Constante als Correction anbringen. Diese kann man für den betreffenden Winkel leicht ermitteln, indem man ein- für allemal (auch ohne Inklinations-Messungen zu machen) die Angaben des oberen Nonius mit dem Mittel aus beiden vergleicht.

Diese Vereinfachung setzt voraus, daß das Instrument sehr gut gearbeitet sey, daß namentlich die Axe in der Büchse nicht schlottere. Um mich dessen bei meinem Instrument zu vergewissern, habe ich bei dreien meiner Messungen beide Nonien abgelesen und separat notirt. Daraus fand ich ¹⁾

den 9. Mai 1870.

58° 47',316 Inklination mit beiden Nonien

47',365	"	nach Meth. 1	Fehler = 0',05
47',303	"	" " 2	" = 0',013
47',756	"	" " 3 ohne Correction	
47',196	"	" " 3 mit Corr. = 0,44;	" = 0,12

den 10. August 1870.

58° 51',606 " mit beiden Nonien.

51',737	"	nach Meth. 1	Fehler = 0,13
51',612	"	" " 2	" = 0,006
51',615	"	" " 3 mit Corr. = 0,44;	" = 0,009

1) Von allen anzuführenden Messungen bewahre ich die Original-Zeichnungen.

den 22. Januar 1871

58° 49' 387 Inklinaton mit beiden Nonien

49,472	"	nach Meth. 1	Fehler = 0,085
49,347	"	" " 2	" = 0,040
49,499	"	" " 1 mit Corr. = 0,44;	" = 0,112.

Diese Zahlen beweisen hinreichend erstens, daß man an diesem Inklinatorium durch Ablesung von nur einem Nonius vollkommen gute Resultate erhält; überdies auch zweitens, daß man mit Nonien, welche direct nur einzelne Minnten angeben, noch recht gut die Zehntel-Minuten im Mittel mit ziemlicher Sicherheit durch Schätzung ablesen kann.

Eine andere Regel bezieht sich auf die Anordnung der einzelnen Messungen in *Gruppen* behufs der Rechnung. Nach Gaußs pflegt man die acht Messungen so in vier Gruppen zu theilen, daß die Werthe i_1 und i_4 , i_2 und i_3 , i_5 und i_8 , i_6 und i_7 in je eine zusammengefaßt werden. Es ist aber weit vortheilhafter, sie in der durch obiges Schema angegebenen Weise zu den vier *Partialwerthen* J_1 , J_2 , J_3 und J_4 zu gruppiren, so daß jede Gruppe alle Ablesungen umfaßt, welche man mit einer einmaligen Einlegung der Nadel ausführt, ohne dieselbe umzulegen. Diefß hat den Vortheil, daß jeder der vier Werthe $J_1 = \frac{1}{2}(i_1 + i_2)$, $J_2 = \frac{1}{2}(i_3 + i_4)$, ... von dem wahren Werth i nur um Gröfsen $= \frac{1}{2}(g + g')$... abweicht, welche bei constanter oder Maximal-Magnetisirung bloß von der Excentricität des Schwerpunktes abhängen, somit constant sind (für längere Zeit wenigstens). Durch einige gute Messungen kann man dann diese Fehler bestimmen und erhält sonach aus jedem der vier angegebenen Werthe eine unabhängige Bestimmung der Inklinaton. Daraus ergaben sich mehrere *Vorthelle*:

1. Wenn bei einer Ablesung ein Versehen um einen Theilstrich d. h. um $\frac{1}{2}^\circ$, oder wenn nachher ein Rechenfehler von 1° unterlaufen sollte — was wohl vorkommt — so wird man sogleich darauf aufmerksam gemacht, insofern der betreffende Partialwerth von den drei übrigen um $\frac{1}{4}^\circ$

oder $\frac{1}{2}^{\circ}$ abweicht. Eventuell kann man dann aus den Beobachtungsnotizen noch mehr Gewissheit erlangen, indem die den beiden Nadelspitzen entsprechenden Ablesungen eine andere Differenz zeigen werden, als sie sonst bei dieser Stellung der Nadel fast constant stattfindet. Bei meinen 34 Inklinationmessungen ist indeß der Fall nur einmal vorgekommen, was durch die Partialwerthe $58^{\circ}46',16$; $47',17$; $58',50$ (statt $43',50$) und $45',74$ alsbald bemerkbar gemacht wurde. — 2. Im Falle grosser Eile kann man die Inklination aus einem einzigen der vier Werthe, somit aus dem vierten Theil der gewöhnlich erforderlichen Messungen ermitteln. — 3. Die Uebereinstimmung der vier Partialwerthe giebt einigermassen ein Maass ab für die Genauigkeit der Messungen und für die Fehlergränze des schliesslichen Resultates. Bei der Gauß'schen Gruppierungsweise ist jeder einzelne Werth von der Collimation, d. h. einer sehr wandelbaren Grösse abhängig und man erhält nur einen einzigen Werth für die Inklination am Schluss der Rechnung; die Messung hat aber in sich keine Controle für dessen Richtigkeit.

Zur Prüfung dieser Betrachtungen machte ich die Rechnung über meine sämmtlichen Messungen des Jahres 1870 und fand die Correctionen für das erste halbe Jahr bei der Nadel A. $1 = -19',71$; $-18,35$; $+18,97$; $+19,09$; bei A. 2 $= -13,01$; $-10,18$; $+9,69$; $+13,49$; im zweiten halben Jahr die entsprechenden bei A. 1 $= -17,70$; $-12,82$; $+16,96$; $+13,57$; bei A. 2 $= -16,40$; $-10,20$; $+9,76$; $+16,84$. Auch berechnete ich die Fehler, welche ich begangen haben würde, wenn ich die Inklination nur aus einem Partialwerth bestimmt hätte. Derselbe ist bei der Nadel A. I im Mittel $= 1',39$; und $2',20$ bei A. III. Die Maximal-Abweichungen der einzelnen Werthe von ihrem Mittel sind resp. $= 3',58$ und $6',34$.

Die Zahlenangaben für die Correctionen zeigen einige Abweichungen von den obigen Formeln; und es lag deshalb die Vermuthung nahe, daß außer den oben berücksichtigten Instrumental-Fehlern wohl noch andere vorhanden

seyen, deren Einfluss auf das Resultat bei so empfindlichen Inklinatorien weit über die Gränze der Beobachtungsfehler hinausgehe. Man kann in der That wohl noch ein Dutzend solcher Instrumentalfehler finden, wie z. B., daß die zwei Zapfen der Nadel nicht in gerader Linie stehen, daß die Agatkanten gegen die Horizontale eine ungleiche Neigung haben, daß die Mikroskope nicht senkrecht zum Vertikalkreis stehen und die Nadel nicht senkrecht zu ihrer Drehungsaxe, daß diese nicht mit der Axe des Vertikalkreises zusammenfalle, daß die Nadel ungleich weit abstehe von den Aufliegepunkten ihrer Zapfen usw. Diese Fehler jedoch und noch andere verschwinden sämmtlich von selbst in dem Mittel aus den einzelnen Messungen; die meisten schon in jedem der vier Partialwerthe.

Es giebt jedoch einige Fehler, welche in dem Mittel aller einzelnen Messungen nicht verschwinden; und deren genaue Bestimmung und Eliminirung viel schwieriger ist. Die wichtigsten dürften folgende seyn:

1) Der *Mangel an Rundheit der Zapfen* ist wohl von allen Fehlern derjenige, welcher am meisten die Sicherheit des Resultates beeinträchtigt. Man hat um ihn zu beseitigen, Nadeln mit drehbaren Axen in Anwendung gebracht, jedoch sind dadurch bis jetzt noch keine günstigen Resultate erzielt worden, zum Theil wohl aus dem oben angedeuteten Grund, weil die Anzahl der zu machenden Ablesungen und Operationen dermaßen dadurch vermehrt wird, daß die nothwendige Aufmerksamkeit und Geduld bei den einzelnen verringert wird. Die einzige sichere Methode, diesen Fehler zu beseitigen, besteht wohl darin, daß man ihn numerisch bestimmt¹⁾. Zu dem Zweck wird

- 1) Anm. Vielleicht könnte es indess noch gelingen, diesen Fehler im Instrument selbst vollständig zu beseitigen, mittelst eines mechanischen Kunstgriffes, welcher wahrscheinlich ganz vollkommen *runde Zapfen* herzustellen gestattet. Ich weiß nicht, ob der Vorschlag neu ist, oder ob er vielleicht schon versucht wurde und sich nicht bewährte; aber der Zweck scheint mir zu wichtig, als daß ich das Mittel nicht in Vorschlag bringen sollte. Wohl alle Mechaniker kennen die Eigenthümlichkeit der sogen. *Aufraum-Bohrer* und *Reib-*

man das Süd-Ende der Nadel mit einem kleinen Gewichtchen belasten, bis die Inclination im Meridian etwa $= 0$, $= + 10^\circ$ bis 20° wird. Diese mißt man, dreht dann das Instrument in die magnetischen Azimuthe a von 15° , 30° , 45° etc. bis 90° und zwar zu beiden Seiten des Meridians, und liest bei jeder Stellung die Neigung θ der Nadel genau ab. Darauf legt man die Nadel um, und macht dieselben

Ahlen (der Uhrmacher), welche eine *ungerade* Anzahl von Seitenflächen haben. Diese machen nämlich jedes Loch, welches man mit denselben erweitert, augenblicklich vollkommen rund, wenn es auch noch so unregelmäßig gestaltet war. Dagegen wird das Loch, auch wenn es ziemlich rund war, sehr leicht wieder eckig, wenn der Bohrer eine *gerade* Anzahl von Kanten hat. Ich weiß nicht, ob irgend ein Theoretiker den inneren Grund für diese Erscheinung angeben kann. Aber sicher liegt in dieser ungeraden Zahl 3, 5 ... von Flächen etwas eigenthümliches, wodurch der Bohrer nach der kreisrunden Gestalt strebt, ganz in ähnlicher Weise, wie ein Körper in die Lage stabilen Gleichgewichtes zurückstrebt. Eben deshalb ist aber auch anzunehmen, daß jene Gestalt mit vollkommenster Genauigkeit erreicht werde.

Nun scheint es aber, daß nach ganz gleichen Gesetzen dieselbe Wirkung von außen gegen innen, wie von innen nach außen erreicht werden würde. Man mußte demnach suchen, die Zapfen von drei aequidistanten Stellen gleichzeitig anzugreifen, während z. B. die Uhrmacher dieselben nur auf einer Seite aufliegen lassen und an der entgegengesetzten feilen. Man wird also den Zapfen vorerst auf gewöhnliche Weise so rund machen als es geht. Dann wird man in ein Stück Kupfer einen Einschnitt mit einer scharfen dreikantigen Feile machen, und ein zweites Stück mittelst Schrauben so daran bringen, daß ein im wesentlichen dreiseitig-prismatischer Raum entsteht. Während nun der Zapfen auf der Drehbank sich dreht, umgiebt man ihn mit diesen Metallstücken, zieht die Schrauben etwas an, so daß Reibung entsteht und giebt Schmirgel hinein. Indem man die Schrauben allmählich mehr anzieht, und den Schmirgel nachher durch Colkothar ersetzt, wird man einen vollkommen runden polirten Zapfen erhalten. Dabei scheint es aber nothwendig, daß die zwei Metallstücke durch Schrauben und mit *hartem* Druck, nicht aber mit elastischem etwa durch die Finger gegen einander geprefst werden. Sollte diese Methode sich bewähren, so wäre es ein wesentlicher Vortheil derselben, daß zur Herstellung der vortrefflichsten Zapfen auch nicht einmal eine besondere Geschicklichkeit oder Aufmerksamkeit des Arbeiters erfordert würde.

Messungen in rückgängiger Reihenfolge, und nimmt für jedes Azimuth das Mittel aus den vier dazu gehörigen Messungen. Die so erhaltenen Winkel sollten genau der Gleichung $\cot \theta = \cot \theta_0 \cdot \cos \alpha$ genügen. Man berechnet demnach den $\angle \theta_0$ nach der Methode der kleinsten Quadrate und daraus die einzelnen theoretischen Werthe für die Winkel θ . Vergleicht man diese mit den gemessenen (nachdem diese von den andern Fehlern gereinigt sind), so hat man unmittelbar die durch die Mangelhaftigkeit der Zapfen bewirkten Fehler. Hieraus kann man dann mittelst Interpolation die Fehler berechnen, welche bei jeder andern Neigung und Directionskraft der Nadel aus dieser Ursache entstehen. Darnach müßte man noch ummagnetisiren, oder die Belastung vermehren, bis die Neigung $\theta_0 = -10^\circ$ bis 20° wird, und die ganze Operation wiederholen, um die Mangelhaftigkeit der Zapfen auf der andern Seite kennen zu lernen. Das Verfahren wäre wohl mühsam, würde aber den Vortheil bieten, daß man dadurch im Stande ist, auch mit mittelmäßigen Zapfen zuverlässige Messungen auszuführen. Ohne ein solches Eliminations-Verfahren anzuwenden, wird man aber nach meinem Dafürhalten auch bei den besten Nadeln den *absoluten* Werth der Inklination kaum bis auf 1 Minute mit *Sicherheit* erhalten.

2. Es können einzelne Theile des Instrumentes ein wenig *eigenen Magnetismus* enthalten, und dadurch die Stellung der Nadel stören. Dieser Fehler jedoch kann nicht bedeutend seyn, weil ja sonst auch alle Declinations- und andere Messungen mit Theodoliten und tragbaren Magnetometern demselben Fehler noch stärker ausgesetzt wären. Derselbe wird möglichst verringert dadurch, daß die Agatflächen verhältnißmäßig recht hoch über dem unteren Plateau, und weit von dem Verticalkreis abstehend angebracht sind. Wollte man indess absolute Sicherheit haben, so dürfte vielleicht nur ein mühsames Verfahren zum Ziel führen. Man müßte eine Deklinations-Nadel mit Spiegel und Fadensuspension (ähnlich der bei

dem Lamont'schen Theodolit gebräuchlichen) so mit dem horizontal gelegten Inklinatorium umgeben, daß sie zu demselben die gleiche relative Lage hätte, wie die Inklinations-Nadel, und dann eine etwaige Ablenkung durch ein Ablese-Fernrohr messen.

3) Die *Glasscheibe*, durch welche man mit den Mikroskopen die Nadel einvisirt, wird sicher nicht *planparallel* seyn. Der dadurch veranlaßte Fehler kann bei einer einzelnen Ablesung einer Nadelspitze wohl auf 1',5 bis 2 Minuten sich belaufen, da gewöhnliches Spiegelglas den Lichtstrahl bis zu 5' und mehr ablenkt. Es ist jedoch anzunehmen, daß der Mechaniker zu diesen Instrumenten ein weniger fehlerhaftes Glas ausgewählt hat. Ueberdies wird bei dem zur Benutzung kommenden kleinen Theil der Scheibe ($3\frac{1}{2}$ " im Durchmesser) die prismatische Neigungsebene der zwei Flächen eine nahezu constante Richtung haben, so daß die Ablenkungen alle in dieser constanten Richtung erfolgen und deshalb im Mittel sich vollständig aufheben. Wollte man größere Sicherheit, so würde man das Glaskästchen abwechselnd abnehmen und aufsetzen müssen, und die Ablesungen, die man in beiden Fällen erhält (während die Nadel durch die Gabel in verschiedenen Lagen festgehalten wird), mit einander vergleichen. Oder man könnte auch den Ablenkungswinkel der Glasscheibe mittelst eines Theodolitenrohres direct messen und daraus den Einfluß auf die Nadel-Ablesungen berechnen.

4) Die zwei *Agatkanten*, auf welchen die Nadel mit den Zapfen aufliegt, können in ungleicher Höhe stehen, so daß die Drehungsaxe der Nadel einen Winkel x mit der Horizontalen bildet. Der dadurch bewirkte Fehler in der Inklinations-Nadel ist ganz analog dem am Schluß dieses Abschnittes zu besprechenden durch unrichtige Azimuth-Stellung bedingten und kann ganz ähnlich bestimmt werden. Man findet ohne Mühe, wenn i_x die abgelesene, i_0 die wahre Inklinations-Nadel ist, $\operatorname{tg} i_x = i_0 \cdot \cos x$, woraus (x als klein vorausgesetzt) folgt $\Delta i = -\frac{1}{2} \sin 2i \cdot x^2 =$ dem zu bestimmenden Fehler; oder auf Bogenminute als Einheit bezogen

$\Delta i = -0,00007272 \cdot \sin 2i \cdot x^2$. Daraus folgt, daß man den Fehler gänzlich vernachlässigen kann, wenn x nicht über 30 Minuten groß ist. Würde aber bei etwa 20 Mm. Distanz ein Agat um $\frac{1}{2}$ Mm. höher stehen als der andere, so würde die Inklination schon um etwa $\frac{1}{2}$ Minute zu klein gefunden werden.

Um den Instrumentalfehler x zu ermitteln, kann man das Glaskistchen abschrauben und ein Stückchen Spiegelglas auf die Agatkanten legen, worauf man eine etwas hochbeinige Libelle stellt. Diese bringt man durch Drehen von einer der passend gerichteten Fußschrauben zum Einspielen. Dreht man dann das Spiegelglas mit der Libelle um, zur Eliminirung der ihnen anhaftenden Fehler, und stellt wieder ein, so kann aus der Anzahl der Drehungen jener Schraube x leicht berechnet werden. Eine andere Methode, dieses x zu bestimmen, wird im dritten Theil vorkommen, welche viel einfacher ist.

5) und 6) Es kann ferner seyn, daß die *Ebene des Vertikalkreises* nicht parallel mit der Nadelebene ist, sondern einen Winkel y in horizontalem und z in vertikalem Sinne mit derselben bildet. Dieser Fehler ist dem eben besprochenen ganz analog. Man findet $\cot i_1 = \cot i_0 \cdot \cos y$, woraus $\Delta i_1 = +\frac{1}{4} \cdot \sin 2i \cdot y^2$; und ebenso $\text{tg } i_1 = \text{tg } i_0 \cdot \cos z$, somit $\Delta i_1 = -\frac{1}{4} \cdot \sin 2i \cdot z^2$.

Die Gesamtcorrection für die drei letzten Fehler ist also $\text{Corr.} = +\frac{1}{4} \cdot \sin 2i (x^2 - y^2 + z^2)$ oder, wenn alle Fehler in Bogenminuten ausgedrückt werden $\text{Corr} = +0,00007272 \cdot \sin 2i \cdot (x^2 - y^2 + z^2)$.

Die Bestimmung des Instrumentalfehlers y wird unter *B* eingehender zu behandeln seyn. Der Fehler z kann mittelst eines unter *B* näher zu bezeichnenden Fernröhrchens ganz ebenso bestimmt werden, wie man an einem Theodoliten die Vertikalität des Höhenkreises prüft, indem man eine Mire einmal direct und das anderemal durch Reflexion in einem künstlichen Horizont beobachtet oder durch die Nadirmethode; oder man kann auch in der Mitte der Alhidade an dem messingenen Nadelfutteral ein Stückchen

Spiegel aufkleben und in demselben mittelst eines horizontal gestellten Theodolitenfernrohrs die von rückwärts beleuchteten Fäden reflectirt beobachten und bei zwei um 180° verschiedenen Stellungen messen.

Damit dürften denn wohl die Instrumentalfehler des Inklinatoriums ziemlich erschöpft seyn und es scheint sonach, daß man dieselben sämmtlich und somit auch alle *systematischen Fehler* der Inklinationsmessungen vollständig eliminiren kann.

Die Frage über den bei diesen Messungen zu erreichenden Grad von *Genauigkeit* reducirt sich also auf die Frage wie weit man die zufälligen Beobachtungsfehler auf ein Minimum bringen kann.

Für diese Frage ist zunächst in der obigen Untersuchung über die vier Partialwerthe der einzelnen Messungen schon einigermaßen eine Antwort enthalten. Der mittlere Fehler ¹⁾ eines solchen wurde (unter den 72 anno 1870 gemessenen Werthen) = etwa $1',80$ gefunden und daraus würde nach der Methode der kleinsten Quadrate folgen, daß der mittlere Fehler einer vollständigen Inklinationsbestimmung = $0',90$ oder $54''$ wäre, was schon immerhin als eine befriedigende Genauigkeit gelten könnte. In Wirklichkeit ist dieselbe aber bedeutend größer, aus dem Grunde, weil die als constant vorausgesetzten Correctionen der Partialwerthe auf ein halbes Jahr nicht genau constant bleiben, wie ein Blick auf die dafür gegebenen Zahlen erkennen läßt. In der That hängen dieselben von der Excentricität des Schwerpunktes ab; diese ist aber allmählichen kleinen Aenderungen ausgesetzt, namentlich durch Rostflecken, welche zeitweilig hygroskopisch Wasser anziehen, seyen dieselben auch fast unmerklich oder dadurch,

1) Anm. Ich werde im folgenden überall den „mittleren Fehler“ als Maasstab der Genauigkeit angeben. Würde ich den „wahrscheinlichen Fehler“ (d. h. denjenigen, welcher so oft nicht erreicht als überschritten wird) dafür gesetzt haben, so würden die Zahlen sämmtlich noch kleiner ausgefallen seyn, und zwar im Durchschnitt nur $= 0,6$ von den hier angegebenen seyn.

dafs beim Magnetisiren durch die scharfkantigen Streichmagnete kleine Stahltheilchen abgerissen werden, welche dann auch sehr leicht an den Kanten der Nadel haften bleiben. Dafs solche Kleinigkeiten einen sehr bemerkbaren Einfluß haben können, wird aus dem am Schluß unter C zu sagenden evident hervorgehen.

Eine weitere Controle verschaffte ich mir, indem ich unter den 20 Messungen von 1870 solche aussuchte, welche in kurzer Zwischenzeit und mit verschiedenen Nadeln ausgeführt waren. Ich bestimmte dann mittelst des Variationsinstrumentes (magnetische Wage) die Differenz der zugehörigen *wahren* Inklinationen und verglich dieselbe mit der Differenz der *gemessenen*. Dadurch bestimmt sich die Differenz in den Angaben beider Nadeln. So fand ich A. I — A. II.

zwischen d. 21. und 25. Januar 1870 = + 1',260

„ „ 15. „ 21. Februar „ = + 1',298

am 20. Juni „ = + 0',435

zwischen d. 10. und 13. August „ = + 1',316

„ „ 27. „ 29. „ „ = + 1',180

„ „ 22. „ 20. Januar 1871 = + 3',000 mit
 $\frac{1}{3}$ Gewicht.

Hieraus ergibt sich im Mittel A. I — A. II = + 1,217 und als mittlerer Fehler 0',607. Folglich ist der mittlere Fehler *einer* Inklinationsbestimmung = 0',43 oder 25'',8. Wird die letzte Bestimmung, welche betreffs A. II sehr flüchtig war, ganz vernachlässigt, so folgt im Mittel A. I — A. II = 1',098 und als *mittlerer Fehler* für die Differenz 0',372 und für *eine* Inklinationsmessung 0',263 oder 15'',8. Man kann also wohl mit gutem Grund 20 Secunden annehmen.

Eine dritte von diesen gänzlich unabhängige Bestimmung dieses Fehlers wird unten unter C aus den Intensitäts-Messungen abgeleitet werden. Dieselbe ergibt gleichfalls 20 Secunden. Dieser Werth kann also als ziemlich sicher angesehen werden.

Die weiteren 15 Inklinationsmessungen, welche ich im Sommer 1871 machte, lieferten allerdings ein weniger günstiges Resultat. Die Untersuchung der vier Partialwerthe der einzelnen Messungen ergab als mittleren Fehler für eine solche 1',30 bei A. I und 1',56 bei A. II, im Mittel 86". Die Intensitätsmessungen aber gaben wieder nur 21".

Jedoch ist dazu zu bemerken, daß das Inklinatorium im Dezember 1870 eine grössere Reise nach Sicilien machte, und im Frühjahr 1871 eine noch längere in Ober-Italien und daß deutliche Spuren sehr heftiger Stöße bemerkbar waren. Zuletzt entdeckte ich auch noch, daß der Faden in einem Mikroskop locker geworden war, und es ist wahrscheinlich, daß dieser Fehler schon längere Zeit unbemerkt bestanden hatte. Diefs wäre vollkommen hinreichend, den etwas geringeren Grad von Genauigkeit bei den Messungen von 1871 zu erklären.

Es dürfte somit erwiesen seyn, daß man mit Nadel-Inklinatorien dieser Construction sehr genaue Messungen machen kann, ja sogar eine Genauigkeit erreichen, wie sie kaum von den besten *Deklinatorien* übertroffen wird. Auch spricht nichts dafür, daß gerade *dieses* Instrument eine ausnahmsweise Vollkommenheit besitze. Die Firma Barrow scheint zwar inzwischen durch den Tod ihres Chefs eingegangen zu seyn; aber Hr. John Dover (*London S. E. 2 Charlton-Villas, Lower Woolwich Road*) liefert Instrumente, welche, den Barrow'schen ganz ähnlich gebaut, dieselben nicht nur an Bequemlichkeit, sondern auch an Genauigkeit (soweit die wenigen bis jetzt mit dem meinigen angestellten Messungen zu beurtheilen gestatten) zu übertreffen scheinen, ohne deshalb theurer zu seyn.

Man hat nun in neuerer Zeit in Deutschland — wahrscheinlich durch die Unvollkommenheit der Nadel-Inklinatorien bewogen — angefangen, anstatt derselben „*Erd-Inductoren*“ oder „*Inductions-Inklinatorien*“ zu verwenden, bei welchen die Inklination aus dem Verhältniß der Intensitäten von zwei galvanischen Strömen bestimmt wird, welche durch Induction von der horizontalen und der ver-

ikalen Componente des Erdmagnetismus hervorgebracht werden. Diese äußerst sinnreiche und schöne Methode wurde von W. Weber eronnen, welcher sie in diesen Ann. Bd. 90, S. 209 näher beschreibt und theoretisch erörtert. Dieselbe ist frei von einer Menge von Instrumentalfehlern, denen die Messungen mit Nadel-Inklinatorien ausgesetzt sind und einer beträchtlichen Genauigkeit fähig. Weber selbst sagt, daß solche Messungen denen mit den besten Inklinatorien gleich kommen. Neuere Gelehrte scheinen denselben sogar eine zweifellose Ueberlegenheit zuzusprechen, so daß wirklich z. B. im Göttinger Observatorium schon seit vielen Jahren die Inklination nur noch mittelst Erd-Inductoren bestimmt wird.

Ich kann nicht angeben, worin diese nicht zu leugnende auffallende Ueberlegenheit über die in Deutschland bis jetzt gebräuchlichen Inklinatorien ihren Grund haben mag. Gegenüber den englischen Inklinatorien neuerer Construction besteht dieselbe aber ganz gewiß nicht. Wahrscheinlich ist die Größe der Nadel die Hauptursache; denn bei deutschen Inklinatorien pflegt die Nadel 10 bis 12 Zoll Länge zu haben, während sie bei den englischen nur 3 bis $3\frac{1}{4}$ Zoll beträgt. Das Gewicht einer deutschen Nadel wird also ungefähr 30 bis 50mal größer seyn als das einer englischen; die Zapfen müssen dann auch etwas stärker seyn und durch beide Umstände wird die leichte Beweglichkeit nothwendig sehr beeinträchtigt.

Um unser Urtheil über die Weber'sche Methode zu begründen, wollen wir untersuchen, ob dieselbe nicht vielleicht andern ihr eigenthümlichen Fehlern ausgesetzt ist und dann auch aus den gewonnenen Resultaten zu ermitteln suchen, welchen Grad von Genauigkeit dieselbe zu gewähren im Stande ist.

Principiell könnte man gegen diese Methode von Weber einwenden:

1) Daß die Drehung der Inductionsspule um 180° unmöglich in einem Augenblick vollzogen werden kann. Bei dem von Weber gebrauchten Apparat hat der bewegliche

Theil ein so großes Trägheitsmoment, daß die Drehung wegen der sonst zu fürchtenden Stöße wohl gegen 1 Secunde beanspruchen wird. Es wird also die in der Multiplicatornadel vorhandene Geschwindigkeit mit der durch den neuen Stoß entstehenden in einer anderen Weise sich summiren, als wenn der Impuls instantan wäre, wie die Theorie voraussetzt; auch wird derselbe Impuls eine geringere Geschwindigkeit ertheilen, wenn die Nadel nicht mehr genau in der Ruhelage, d. h. senkrecht zur Axe der Spuhle steht, als wenn sie genau diese Lage hätte. Indessen sind *diese* Fehler ohne Belang, nicht nur weil sie an sich schon nur einen Einfluß an der 7. Dezimalstelle äußern würden, sondern auch weil sie bei beiden Ablenkungsbeobachtungen in homologer Weise stattfinden, so daß das *Verhältniß* der reducirten Ablenkungen fast absolut nicht alterirt wird.

2) Die Drehung wird nicht genau in dem Augenblick ausgeführt, wenn die Nadel die Mittellage passirt. Besonders wenn die Drehung von einem Gehilfen auf ein Zeichen des Beobachters vollzogen wird, möchten darin Fehler von 1 Secunde unvermeidlich seyn. Die Wirkung dieses Fehlers ist an sich bedeutend größer, als die des ersten. Dennoch dürfte sie die Gränze der Beobachtungsfehler schwerlich erreichen, um so mehr, als der Fehler durch die Uebung einigermaßen constant würde und somit in dem *Verhältniß* beider Ablenkungen eine Störung kaum eintreten könnte.

3) Die Inductionsspuhle muß — eben um die genannten Fehler vollständig vernachlässigbar zu machen — doch jedenfalls *sehr rasch gedreht* werden. Das scheint aber bei solchen Massen (etwa $\frac{1}{2}$ Centner bei Weber) nicht ohne einen beträchtlichen Druck geschehen zu können. Dadurch wird aber auch bei der solidesten Construction die Axe etwas aus ihrer Lage gebracht werden und der Fehler wird auch nicht augenblicklich wieder sich vollständig ausgleichen. Bei leicht gebauten Reiseinstrumenten dürfte der Fehler noch mehr zu fürchten seyn. Derselbe ist aber

um so bedeutender, als er aus sich mit seinem ganzen Werth in das Resultat übergeben würde. Eine gewisse Unsicherheit wird er jedenfalls veranlassen.

4) Ebenso wird es bei so schneller Drehung so großer Massen sehr schwer seyn, daß die Drehung genau um 180° bewerkstelligt werde. Die Arretirung durch einen Anschlagestift, besonders wenn derselbe in Holz steckt, scheint nicht zuverlässig genug. Der Einfluß eines derartigen Fehlers ist aber genau von derselben Ordnung, wie der einer fehlerhaften azimuthalen Aufstellung bei Inklinatorien. Bei einer Inklination von $63\frac{1}{2}^\circ$ genügt ein Fehler von $39'$, um das Resultat um 1 Minute fehlerhaft zu machen und der Einfluß wächst im quadratischen Verhältniß des Fehlers.

5) Es dürfte ferner schwer seyn, an einer Scala, welche eigentlich nur einen untheilbaren Augenblick in Ruhe ist, mit solcher Sicherheit Ablesungen zu machen, daß sie den an einem feststehenden Kreis mit Nonien gemachten Ablesungen äquivalent wären, und wie sie seyn müßten, wenn das Resultat bis auf wenigstens 1 Minute sicher seyn soll. In der That liefern die Zahlenreihen, welche Weber S. 217 und 218 angiebt, einzelne Zahlen, welche durch bloße Vergleichung mit dem Verlauf der andern Reihen sich sicher als fast um einen ganzen Scalentheil unrichtig erweisen, was bei einer mittleren Ablenkung von 310 Scalentheilen schon ein beträchtlicher Fehler ist. Bei jenen Messungen sind aber doch gewiß nur die geübtesten Beobachter thätig gewesen.

6) Die theoretische Entwicklung selbst geschieht unter der Annahme, daß man die Richtungskraft der Nadel als proportional der Elongation ansehen könne, während sie eigentlich deren Sinus proportional ist. So wird namentlich die Beziehung zwischen Geschwindigkeit und Schwingungsweite abgeleitet, worauf hierbei das meiste ankommt. Es dürfte aber zweifelhaft seyn, ob diese Voraussetzung und die darauf sich stützenden Formeln noch für Schwingungen von 9° Total-Amplitude, wie sie dort zur Anwendung kommen, bis zur Gränze der Beobachtungsfehler mit

der Wirklichkeit harmoniren werden. Ebenso wird die ablenkende Kraft als proportional dem Sinus des halben Ausschlagswinkels angenommen. Das ist nun bei freien Schwingungen vollkommen richtig; aber bei Schwingungen mit einer so kräftigen Dämpfung und von 5 bis 6 Grad mittlere Total-Amplitude scheint mir der gleiche Zweifel wohl begründet.

Indessen die Vorzüge oder Mängel einer Methode ergeben sich am sichersten auf experimentellem Wege aus den erhaltenen Resultaten.

Weber giebt dann auch eine Tabelle von 168 nach seiner Methode ausgeführten Inklinationsbestimmungen, und für jedes Resultat auch die Abweichung von dem Mittel aus allen gleichzeitigen Bestimmungen. Nehmen wir an, daß diese Abweichungen im Mittel die wirklich begangenen Fehler darstellen (während gewöhnlich diese noch etwas größer sind), so ergiebt die Zusammenstellung derselben, daß für eine vollständige Inklinationsbestimmung der *mittlere Fehler* = 1',9 oder 1' 54" ist, während einzelnte Fehler bis zu 7 Minuten vorkommen. Aus den oben angeführten Bedenken hätte man *a priori* kaum eine so beträchtliche Unsicherheit vermuthen können. Und doch ist sicher der Apparat auf dem Göttinger Observatorium so exact gearbeitet und richtig aufgestellt, und ist wohl mit solcher Präcision beobachtet worden, daß bei andern Apparaten und namentlich bei solchen, welche für Reisen bestimmt sind, kaum jener Grad von Genauigkeit erreicht werden dürfte.

Vergleichen wir nun diese Resultate mit den früher angegebenen, mittelst eines guten englischen Inklinatoriums erzielten, so ist unverkennbar, daß die *Ueberlegenheit auf Seite der Nadel-Inklinatorien* ist. Die Genauigkeit, welche Weber bei einer vollständigen Inklinationsbestimmung erreichte, ist ungefähr dieselbe, welche bei meinen Messungen einem jener Partialwerthe zukommt, deren vier zu einer vollständigen Bestimmung gehören; denn, wie oben angegeben, ist für die Nadel A. I unter 40 solchen Par-

tialwerthen der mittlere Fehler = $1',24''$ und der größte = $3',51''$, für die Nadel A. II unter 32 Partialwerthen der mittlere Fehler = $2',12''$ und der größte = $6',21''$.

Der wirkliche mittlere Fehler für eine vollständige Inklinationsbestimmung ist aber, wie oben bewiesen wurde, nur = 20 Secunden. Die Messungen mit einem im guten Stand befindlichen englischen Inklinatorium übertreffen also an Genauigkeit die mit Erd-Inductoren ausgeführten um das *Fünffache*. Anderseits kann indess auch kaum gezeugnet werden, daß diese Instrumente ihrerseits die in Deutschland bis jetzt üblichen Inklinatorien eben so viel mal an Genauigkeit übertreffen.

Alles bisher Gesagte bezieht sich auf die Inklination, wie sie in der als magnetischer Meridian angenommenen Ebene stattfindet, in welcher man das Instrument — sey es Inklinatorium oder Erdinductor — aufgestellt hat. Ist diese aber nicht der Meridian, sondern bildet sie mit demselben einen Winkel = a , so entsteht noch ein Fehler, welcher von der Güte des Instrumentes gänzlich unabhängig ist und nur der unrichtigen azimuthalen Aufstellung zuzuschreiben ist.

Die hierfür nothwendige *Correction* findet man bei Messungen mit dem Inklinatorium, indem man aufer der im präsumirten Meridian gefundenen Inklination (i') auch noch die in einer dazu senkrechten Vertikalebene (i'') mißt. Zerlegt man nämlich die erdmagnetische Kraft in drei Componenten nach den drei orthogonalen Axen des Instrumentes (Drehungsaxe der Nadel — vertikale — und horizontale Stellung der Nadel), so ist leicht einzusehen, daß

$$\cot i' = \cot i \cdot \cos a \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

und

$$\cot i'' = \cot i \cdot \cos(90 + a) = - \cot i \cdot \sin a \quad . \quad (2)$$

ist. Man wird also berechnen $\tan a = - \cot i'' : \cot i$ und mit dem gefundenen a bestimmen $\cot i = \cot i' : \cos a$.

Bei Messungen mit Erdinductoren ist die Ermittlung von i'' nicht so leicht ausführbar. Bei feststehenden Instrumenten kann allerdings der Winkel a sehr leicht aus

den Angaben des Variations-Deklinatoriums gefunden werden; auf Reisen aber werden noch weitere Messungen erfordert; die nicht ganz einfach sind.

Handelt es sich aber um Messungen, die an einem constanten Ort ausgeführt werden, so wird auch die Correction für Inklinatorien viel einfacher. Es ergibt sich nämlich aus (1):

$$\frac{\cot i'}{\cot i} = \cos a,$$

somit

$$\frac{\cot i' - \cot i}{\cot i} = \cos a - 1 \text{ oder } \frac{\Delta \cot i}{\cot i} = -2 \cdot \sin^2 \frac{1}{2} a;$$

folglich

$$\frac{\Delta i}{\cot i \cdot \sin^2 i} = 2 \cdot \sin^2 \frac{1}{2} a = \frac{1}{2} a^2 \text{ oder } = \frac{1}{2} \Delta a^2,$$

(wenn Δa eben der kleine Azimuthfehler a ist); somit

$$i' - i = \Delta i = \frac{1}{2} \cot i \cdot \sin^2 i \Delta a^2 = \frac{1}{4} \sin 2i \cdot \Delta a^2 \quad (3).$$

Setzt man nun $\Delta i'' = i_u = 90^\circ - i''$, d. h. gleich der Abweichung von der Vertikalen in der magnetischen Ost-Westebene, so wird (nach (2)) $\operatorname{tg} i_u = -\cot i \cdot \sin a$; oder wegen der Kleinheit der Winkel

$$i_u = -\cot i \cdot a \text{ oder } \Delta i'' = -\cot i \cdot \Delta a \quad (4).$$

Wird hieraus Δa in (3) substituirt, so erhält man

$$i' - i = \Delta i = \frac{\sin^2 i}{2 \cdot \cot i} \cdot \Delta i''^2; \text{ oder } \Delta i = \frac{\sin^2 i}{\cot i} \cdot 0,0001454 \cdot \Delta i''^2 \quad (5),$$

wenn Δi und $\Delta i''$ in Minuten als Einheit ausgedrückt werden. Da der Werth von i für diesen Zweck als auf längere Zeit constant betrachtet werden darf, so erhält man die gesuchte zu subtrahirende Correction sehr einfach durch eine bloße Multiplication, z. B. für Rom durch die Formel

$$\Delta i = 0,0001759 \cdot \Delta i''^2,$$

was namentlich mittelst des sog. Rechenschiebers (*règle à calcul*) in wenigen Secunden ausgeführt ist. Bei Messungen mit Erdinductoren kann man die Correction aus (3) eben so bestimmen.

Man kann auch aus (1) und (2) zuerst ableiten $\cot^2 i' + \cot^2 i'' = \cot^2 i$, welche Formel oft auch behufs der directen Berechnung des corrigirten i benutzt wird. Hieraus folgt sogleich

$$\Delta \cot^2 i = \cot^2 i' - \cot^2 i'' = -\cot^2 i'',$$

somit

$$\frac{2 \cdot \cot i}{\sin^2 i} \Delta i = \cot^2 i'' = \operatorname{tg}^2 i'' = i''^2 = \Delta i''^2$$

$$\text{und } \Delta i = \frac{\sin^2 i}{2 \cdot \cot i} \cdot \Delta i''^2$$

wie oben.

(Fortsetzung im nächsten Heft)

VII. Ueber die Polarisation des Zodiakallichtes; vom Prof. Arthur W. Wright am Yale College in New-Haven.

(Aus d. *Americ. Journ. of Science etc.* Vol. VII, vom Hrn. Verf. mitgetheilt.)

Nach den zur Oeffentlichkeit gelangten Beobachtungen über das Zodiakallicht scheint es, daß bis jetzt wenig Versuche gemacht worden sind, zu ermitteln, ob ein Theil dieses Lichtes polarisirt sey oder nicht; die erhaltenen Resultate lassen dieß noch unentschieden. Die wenigen, in den Zeitschriften zu findenden Angaben neigen zu der Ansicht, daß es entweder gar nicht polarisirt sey, oder zu einem so geringen Theil, daß es nur mit ungemeiner Schwierigkeit entdeckt werden könne. Es muß dabei bemerkt werden, daß die meisten der Beobachtungen, welche negative Resultate gaben, mit Savart's Polariskop angestellt zu seyn scheinen; allein bei einem Instrument, welches, wie das Savart'sche, einen so großen Antheil des Lichtes absorbirt, muß der Betrag von Polarisation der

zur Sichtbarwerdung von Streifen nothwendig ist, sehr bedeutend wachsen, so wie das Licht schwächer wird, und besonders so wie es sich den Gränzen der Sichtbarkeit nähert. Der Verfasser hat viele Versuche gemacht, mit einem Savart'schen Instrument Spuren von Polarisation zu entdecken, allein nie mit dem geringsten Erfolg, ausgenommen, daß ihm an einem besonders heiteren Abend, als das Zodiakallicht ungewöhnlich deutlich war, die Streifen bei äußerster Anstrengung der Sehkraft als Schimmer (*glimpses*) erschienen. Die Beobachtung war indess so unsicher, daß er sie als werthlos betrachtete.

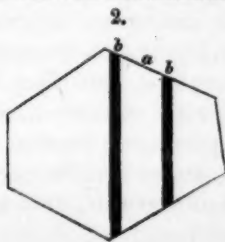
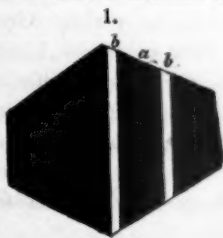
Beinahe vor einem Jahr begann ich eine Reihe von Beobachtungen, unter Anwendung verschiedener Apparate, mittelst deren die Entdeckung einer Polarisation zu hoffen stand, entweder, wie im Savart, durch Streifen oder anderen Helligkeitsveränderungen im Gesichtsfeld, oder wie beim Nicol oder einer in den Polarisationswinkel gestellten Säule von Glasplatten durch Verringerung der Helligkeit des Gegenstandes selbst. Keins dieser Mittel gab jedoch Resultate von einigem Werth. Als ich einige Monate darauf das Studium dieses Gegenstandes wieder aufnahm, suchte ich eine Combination zu finden, die ein großes Gesichtsfeld habe und dabei möglichst wenig Licht absorbire, so daß sie das Daseyn selbst kleiner Antheile von polarisirtem Licht durch hinlängliche Intensitätsvariationen anzeige, auch bei schwächst sichtbarer Beleuchtung.

Ein Savart, in welchem der Turmalin durch einen Nicol ersetzt ward, ergab, trotz fast vollkommener Durchsichtigkeit, ein zu kleines Gesichtsfeld und zu schwache Streifen, um irgend von Nutzern zu seyn. Es wurde daher ein anderes Instrument construirt, ähnlich dem, welches Herr Huggins zur Beobachtung des Encke'schen Cometen anwandte¹⁾, indem man ein großes doppeltbrechendes Prisma an dem einen Ende eines 18 Zoll langen Rohres anbrachte, dessen anderes Ende eine quadratische Apertur von wenig mehr als einem Zoll im Durchmesser hatte. Der Abstand

1) *Phil. Mag.* 1872, Vol. XLIII, p. 382.

wurde so ajustirt, daß die beiden Bilder sich eben berührten, ohne einander zu übergreifen. Dieß schien zweckmäßig zu seyn, denn beim Gebrauche gewahrte ich Intensitäts-Unterschiede, welche eine Polarisation in einer durch die Sonne gehenden Ebene anzeigten. Zwei Mängel sind jedoch mit dieser Vorrichtung verknüpft, erstens, daß das Gesichtsfeld nicht durchweg von gleicher Helligkeit ist und man den helleren Theil des einen Bildes neben den matteren des anderen werfen kann, was zu falschen Schlüssen verleitet; und zweitens, daß die verschiedenen Theile der Netzhaut von ungleicher Empfindlichkeit sind. In Folge deß scheint das eine der direct gesehenen Bilder immer als dunkler und das wahre Verhältniß ihrer Intensitäten kann nur durch indirectes Sehen gefunden werden, dadurch, daß man das Auge gegen einen Punkt in der Mittellinie beider Bilder richtet. Obgleich dieß Instrument, wenn es mit Beachtung der nothwendigen Bedingungen gebraucht wird, zuverlässige Angaben zu liefern vermag, so wurde es doch bald gegen ein besseres verlassen.

Unter den polariskopischen Apparaten des physikalischen Kabinetts des *Yale College* fand sich eine winkelrecht gegen die Axe geschnittene Bergkrystallplatte, welche im polarisirten Licht eine ungewöhnliche Farben-Intensität zeigte. Sie ist eine Zwillingplatte, bestehend aus links-gewandtem Quarz, der etwas aus der Mitte von einem 6^{mm},5 breiten Bande eines rechts-gewandten durchzogen ist. Dieses Band ist an den Seiten nicht durch scharfe Linien begränzt, sondern durch intermediäre Bänder (*bb* in den Figuren) von etwa zwei Millimeter Breite, welche von verschiedenem



Gefüge sind und anscheinend durch Verwachsung der Schichten beider Individuen an ihren Rändern gebildet sind.

Im Polarisationsapparat gehen diese Bänder einfach vom Hellen ins Dunkle über, ohne merklich Farben zu zeigen. Zwischen zwei Nicols hat die Platte das Ansehen obiger Figur, die in voller Größe gezeichnet ist. Wenn die entsprechenden Diagonalen des Nicols ganz oder beinahe parallel sind, sind die Bänder weiß auf tief röthlich purpurfarbenem Grund, wie Fig. 1 zeigt; bei gekreuzten Nicols sind die Bänder dunkel auf hell grünlich gelbem Hintergrunde, wie in Fig. 2 abgebildet ist. Dreht man die Nicols in der einen Richtung um 45° , so sieht man das mittlere Band *a* intensiv blau auf gelbem Grund; dreht man in der anderen Richtung, so erscheint es hellgelb auf dunkelblauem Grund; und intermediäre Lagen geben die gewöhnlich wechselnden Farben. Mit *einem* Nicol und unpolarisiertem Licht untersucht, ist die Platte vollkommen farblos und zeigt keine Spur von heterogener Structur.

Die Bergkrystallplatte wurde an das Ende einer 11 Zoll langen Röhre gebracht, die so weit war, daß sie dieselbe fast ganz aufnahm. Diese erwies sich besser als eine kürzere, da die Bänder am leichtesten gesehen werden, wenn sie dem Auge nicht näher sind, als die Gränze des deutlichen Sehens. An dem anderen Ende wurde ein gut gestaltetes Nicol angebracht, in einer Fassung, so daß er leicht gedreht werden konnte. So verbunden bilden Platte und Nicol ein Polariscope von außerordentlicher Empfindlichkeit, bei schwachem Licht den besten Savart weit übertreffend, und selbst bei starkem Licht ihm etwas überlegen. Das Instrument ist besonders geeignet, geringe Grade von Polarisation zu entdecken und sehr schwache Lichter zu untersuchen. Das Vorkommen schmaler Streifen ist besonders vortheilhaft, da sie bei sehr schwacher Beleuchtung hell auf dunklem Grund oder umgekehrt erscheinen und sie so leichter gesehen werden. Die Wirksamkeit des Instruments wird ferner durch das verhältnißmäßige

große Gesichtsfeld und die vollkommene Durchsichtigkeit der ganzen Combination erhöht.

Als Beweis von seiner Empfindlichkeit mag erwähnt seyn, daß wenn man eine Glasplatte auf die Fensterbank legt und das von ihr reflectirte Himmelslicht bei klarer, mondloser Nacht durch das Instrument betrachtet, sowohl helle als dunkle Bänder mit Leichtigkeit gesehen werden, wobei die ersteren überraschend leuchtend im Gegensatz zu dem dunklen Feld erscheinen. Die Polarisationsebene bestimmt sich leicht, weil, wenn die hellen Bänder wie in Fig. 1 erscheinen, die längere Diagonale des Nicols in dieser Ebene liegt; wogegen, wenn die Bänder dunkel sind, die Polarisationsebene parallel ist der kürzeren Diagonale.

Nach Vollendung des Instruments wurde die erste günstige Gelegenheit ergriffen, die Wirksamkeit desselben auf das Zodiakallicht zu prüfen. Es ergab sich fast unmittelbar, daß es das Daseyn von Licht, polarisirt in einer durch die Sonne gehenden Ebene, anzeigte. Die Bänder waren schwächer als ich erwartet hatte und wurden anfangs von mir übersehen. Eine sorgfältigere Aufmerksamkeit und die Beachtung gehöriger Vorsichtsmaßregeln stellten indess das Daseyn derselben außer allem Zweifel. Die Beobachtungen wurden im oberen Stock eines der Gebäude des College gemacht; die Fenster sehen nach Südwesten und haben einen freien Horizont. Das Zimmer empfing während der Beobachtungen nur Licht vom Himmel und dieses reichte hin, die Gegenstände eben sichtbar zu machen. Nachdem das Auge diesem Zwiellicht 15 oder 20 Minuten ausgesetzt worden, war es für die Beobachtung hinreichend empfindlich. Diefß war eine sehr nothwendige Vorsicht, da das Auge nur einen Moment einem hellen Lichte ausgesetzt zu werden brauchte, um es für lange Zeit unfähig zu machen, so schwache Lichtintensitäten zu unterscheiden. Der Nicol des Instruments wurde nun rund herumgedreht, so daß keine vorherige Kenntniß seiner Lage gegen die Bänder des Bergkrystalls das Urtheil über deren Charakter und Lage beeinflussen möchte. Als ich durch die Röhre

nach dem Zodiakallicht sah, und das ganze Instrument langsam drehte, war es möglich eine Lage zu finden, in welcher die Bänder sichtbar waren und ihre Natur und Richtung bestimmt werden konnte. Durch directes Sehen konnten sie selten anhaltend wahrgenommen werden und auch nur für einige Momente, da die auf diese Anstrengung folgende Ermattung des Auges das ganze Feld in einen confusen Fleck (*blur*) verwandelte. Liefs man das Auge ein Paar Minuten in Ruhe oder drehte es schief und rasch in verschiedene Theile des Gesichtsfeldes und besonders, wenn man es rasch in den Brennpunkt auf die Quarzplatte brachte, waren die Bänder deutlich zu sehen, und ihre Lage konnte mit einem guten Grad von Sicherheit bestimmt werden. In den klarsten Nächten sah ich die hellsten Bänder (*bb* Fig. 1) ohne viele Schwierigkeit, das breite dunkle Band (*a*), welches einer Neigung von 45° des Nicols entspricht, weniger leicht und die dunklen Bänder (*bb* Fig. 2) aufschimmernd (*by glimpses*). Nachdem durch wiederholte Beobachtungen der Winkel bestimmt worden, den jedes dieser Bänder mit einer gewissen festen Linie machte, z. B. mit der Axe des Zodiakallichtes oder einer nahe parallel zu ihm gezogenen Linie zwischen zwei bekannten Sternen, fand sich die Lage oder Ebene der Polarisation mittelst des Lichtes einer Gasflamme, das von einem zweckmäßig aufgestellten Stück weissen Papiers reflectirt wurde oder durch Beobachtung der Lage des Nicols. Die Resultate zahlreicher Beobachtungen an verschiedenen Abenden waren vollkommen übereinstimmend und zeigten, daß die Polarisationsebene durch die Sonne ging, so nahe als es möglich war ihre Richtung zu fixiren. Wenn der Himmel klar genug war, die Bänder sichtbar zu machen, zeigte die durch Beobachtung festgesetzte Lage derselben niemals eine Abweichung von der, welche eine Polarisation in einer durch die Sonne gehenden Ebene erforderte.

Diese Beobachtungen wurden in den dem Neumond vorangehenden zehn Tagen des Januar und Februar dieses Jahres gemacht. Während dieser Zeit gab es eine

ungewöhnliche Zahl von hellen Nächten bei kalter und stiller Atmosphäre. Einige wenige gute Abende im März und April wurden benutzt, um die vorher erhaltenen Resultate zu prüfen. Die Abwesenheit des Mondes und die Entfernung irgend eines der helleren Planeten oder Sterns von dem Gesichtsfeld entfernte jede aus diesen Quellen entspringende Unsicherheit. Da das Instrument auf Punkte gerichtet war, die um 30° bis 40° und mehr von der Sonne abwichen, so konnte die Polarisation nicht von schwachen Spuren der Dämmerung ausgehen. Dafs sie nicht entsprang aus einer Reflexion des Zodiakallichtes an der Atmosphäre und an atmosphärischen Unreinigkeiten ergab sich sowohl aus ihrer Stärke als auch aus der Thatsache, dafs sie in den klarsten Nächten am leichtesten zu erkennen war.

Der nächste Schritt war zu ermitteln, wie viel des Lichtes polarisirt sey. Die Unbrauchbarkeit des gewöhnlichen Apparats hierzu zeigt, dafs der Antheil nicht grofs ist; allein man mufs erwägen, dafs bei so sehr schwachem Lichte viel gröfsere Intensitätsdifferenzen un wahrnehmbar sind als bei stärkerem Lichte. Die Bestimmungen wurden folgendermafsen gemacht. Ein Bündel von vier vortrefflichen Glasplatten wurde vertical aufgestellt in dem Mittelpunkt des horizontalen gestellten Kreises eines Deleuil'schen Goniometers, woran das Fernrohr ersetzt wurde durch das zu den vorigen Versuchen angewandte Polarisoskop. Das letztere war so gestellt, dafs seine Axe winkelrecht war gegen die Oberfläche des Glasbündels, wenn der Index des Goniometers auf Null stand. Mit dem so ajustirten Instrument waren keine Bänder sichtbar entsprechend der Polarisation in einer verticalen Ebene. Der Betrag des Lichtes, der mittelst Refraction durch vier Glasplatten bei verschiedenen Incidenzen polarisirt wird, ist von Prof. W. G. Adams für Intervalle von 5° Grad, von 10° bis 70° und 72° angegeben¹⁾. Nimmt man die in seiner Tafel für Kronglas angegebenen Werthe an ($\mu = 1,5$),

1) *Monthly Notices of the R. Astron. Soc.*, 10. March 1871, p. 162.

so lassen sich die für die intermediären Winkel leicht durch Interpolation oder graphische Construction berechnen. Die letztere Methode wurde angewandt und eine Curve gezogen, die alle Werthe der Tafel repräsentirte. Die in der Tafel gegebenen Werthe stimmten sehr gut mit den vom Prof. Pickering erhaltenen¹⁾. Prof. Pickering verificirte seine Werthe experimentell und zeigte, daß die Abweichung von der Theorie bei vier Platten erst über 65° wahrnehmbar wird. Er gebrauchte den Werth $\mu = 1,55$, daher die Zahlen in seiner Tafel etwas größer sind als die bei Construction der Curve aus Prof. Adams's Tafel.

Die Bestimmungen wurden gemacht durch Beobachtung des erforderlichen Procentgehalts, um die Bänder mit derselben Deutlichkeit sichtbar zu machen wie im Zodiakallicht. Eine Reihe von Versuchen wurde mit Licht vom klaren Himmel einer mondlosen Nacht angestellt, wobei das Instrument auf einen der hellsten Punkte der Milchstraße gerichtet war, wo das Licht, obgleich nicht so hell wie das des Zodiakallichts, doch nicht sehr an Intensität von ihm abwich. Die Glasplatten wurden gedreht bis die Bänder denselben Grad von Deutlichkeit hatten wie bei den vorhergehenden Beobachtungen; das Mittel mehrer Beobachtungen gab als Polarisationswinkel 41°, entsprechend einem Procentgehalt von 20,5. Wegen der geringeren Helligkeit des verglichenen Lichtes ist dieser Werth etwas zu groß, kann als obere Gränze desselben genommen werden.

Um eine untere Gränze und zugleich einen angenäherten Werth zu finden, wurde Licht, reflectirt von einer fast weißen Wand mit matter (*dead*) Fläche, angewandt. Der mit dem Instrument beobachtete Punkt war so gewählt, daß er gleichen Abstand hatte von zwei so gestellten Gasflammen, daß die durch sie und die Axe des Polariskops gehenden Ebenen unter sich rechtwinklich waren, somit ein ganz von Polarisation freies Licht gaben. Die Flammen wurden nun gleichmäfsig heruntergedreht,

1) *Americ. Journ. of Science Ser. III, vol. VII, p. 102.*

so d
selbe
Ritz
so
Inter
zuvo
gen
von
abw
nehu
gabe
9,4,
lich
I
refle
es u
Ann
acht
und
das
vers
selb
ders
mac
zu
seyn
der
der
Zus
lich
gen
wiel
wed
mig
nah
1)
2)

so daß das Feld, soweit es geschätzt werden konnte, dieselbe Helligkeit hatte wie das Zodiakallicht. Ein kleiner Ritz auf der Quarzplatte, welcher bei dem letzteren Lichte so eben gesehen werden konnte, diente beim Adjustiren der Intensität als ein Mittel der Controle. Die Versuche, wie zuvor ausgeführt, gaben im Mittel aus vielen Bestimmungen den Winkel $36^{\circ},6$ entsprechend einem Procentgehalt von 16, welcher vermuthlich nicht sehr vom wahren Werthe abweicht. Andere Versuche, bei welchen das Licht wahrnehmbar heller als das Zodiakallicht gemacht wurde, gaben für den Winkel $28^{\circ},5$ und einen Procentgehalt von 9,4, welcher sicher zu klein ist. Wir können unbedenklich 15 Proc. als dem wahren Werthe nahe betrachten.

Die Thatsache der Polarisation bedingt, daß das Licht reflectirt sey, entweder gänzlich oder theilweis, und daß es ursprünglich von der Sonne herstamme. Die letztere Annahme wird durch mannigfache spectroscopische Beobachtungen des Hrn. Liais¹⁾, des Prof. Piazzi-Smyth²⁾ und Anderer vollkommen bestätigt, welche zeigten, daß das Spectrum continuirlich ist und nicht wahrnehmbar verschieden von dem eines schwachen Sonnenlichts. Ich selbst habe auch viele Beobachtungen mit einem besonders für schwaches Licht eingerichteten Spectroskop gemacht, welches ich späterhin beschreiben werde und das zu demselben Schlusse führte. Es mag ferner erwähnt seyn, daß ein besonderer Zweck dieser Beobachtungen der war, zu ermitteln, ob irgend helle Linien oder Bänder im Spectrum vorhanden seyen, oder ob irgend ein Zusammenhang zwischen dem Zodiakallicht und dem Nordlicht stattfinde. Die Resultate gaben aber auf diese Fragen eine entschieden negative Antwort. Dieß ist hier wichtig als es die Möglichkeit ausschließt, daß ein entweder freiwilliges oder elektrisches Leuchten von gasförmigen Substanzen die Ursache des Lichtes sey. Die Annahme, daß das Licht ein von Gasmassen oder von nie-

1) *Compt. rend.* 1872, T. 74, p. 262.

2) *Monthly Notices of the R. Astron. Soc.* June, 1872, p. 277.

dergeschlagenen Dampfkügelchen reflectirtes sey, ist nicht aufrecht zu halten, seit Zöllner gezeigt hat ¹⁾, daß solche Kügelchen in einem sonst leeren Raum vollständig verdunsten müssen und eine Gasmasse sich ausdehnen würde bis ihre Dichtigkeit so klein geworden, um irgend einen wahrnehmbaren Effect auf die Lichtstrahlen auszuüben.

Wir müssen daher schliessen, daß das Licht von Materie in starrer Form reflectirt werde, d. h. von unzählbaren kleinen Körpern, die um die Sonne rotiren in Bahnen, von denen die meisten mehr in der Nähe der Ekliptik liegen als in der Nähe einer anderen durch die Sonne gehenden Ebene. Obgleich ein solcher Zustand oft für das Zodiakallicht als wahrscheinlich angesehen wurde, so ist doch bisher kein genügender Grund dafür aufgefunden worden, und die Feststellung der Thatsache der Polarisation war nothwendig zur Bestätigung dieser Ansicht, da spectroscopische Erscheinungen allein es unentschieden lassen, ob nicht die Materie eine selbstleuchtende sey.

Wenn diese Meteoriten, was nicht zu bezweifeln steht, von ähnlichem Charakter sind wie die, welche oft auf die Erde fallen, so müssen sie entweder aus metallischen Substanzen, hauptsächlich Eisen, oder aus steinigen Massen mit mehr oder weniger krystallinischer Structur und unregelmäßigen Oberflächen bestehen. Treten wir Zöllner's Schlusse bei, daß die Gase der Atmosphäre sich durch das ganze Sonnensystem erstrecken, obwohl in einem äußerst verdünnten Zustand, so würde die Oxydation der metallischen Meteorite nur eine Frage der Zeit seyn. Sie würden dann fähig werden, das Licht plan-polarisirt zu reflectiren und derselbe Effect würde jedenfalls von den steinigen Massen ausgeübt werden.

Um zu ermitteln, ob das beobachtete Verhältniß von polarisirtem Licht einigermaßen bei steinigen oder erdigen Massen von halb-krystallinischem Charakter mit körniger Structur und mehr oder weniger rauen Oberflächen angetroffen werde, wurde eine große Anzahl von so beschaf-

1) Ueber die Natur der Cometen, S. 79.

fenen
unter
Appa
den
des
Licht
ebene
daß
halb
der
mach
Licht
Glas
entsp
Curv
D
ort z
gen
wür
treffe
so ge
das r
Im A
Seite
seyn
Seite
bieten
und
Die
Licht
selbe
plem
als
einen
liche
gepr
Einf

fenen Substanzen der Untersuchung mit einem Polarimeter unterworfen. Zu dem Ende wurde der schon beschriebene Apparat angewandt und ihm hinzugefügt ein Träger für den Gegenstand und ein horizontaler Kreis zur Bestimmung des Azimuths bei Aufstellung des Gegenstandes und des Lichts. Die untersuchten Substanzen hatten angenähert ebene Flächen, die senkrecht gestellt wurden und zwar so, daß die Normale des beobachteten Punktes den Winkel halbirte, welchen die von diesem Punkt zu dem Auge und der beleuchtenden Flamme gezogenen Linien mit einander machten. Das so in einer horizontalen Ebene polarisirte Licht wurde depolarisirt d. h. compensirt, indem man die Glasplatten um den erforderlichen Winkel drehte; der ihm entsprechende Procentgehalt wurde sogleich mittelst der Curve gefunden.

Denken wir uns eine Linie gezogen vom Beobachtungsort zu einem Punkt des Zodiakallichts und eine andere gezogen von der Sonne zu diesem an seinem nächsten Punkt, so würden diese beiden Linien einander unter rechtem Winkel treffen und eine Fläche an dem Durchschnittspunkt müßte so gestellt seyn, daß sie eine Incidenz von 45° hätte, um das reflectirte Licht in das Auge des Beobachters zu senden. Im Allgemeinen können wir annehmen, daß an der näheren Seite der Linie aus der Sonne eben so viele Meteoriten seyn werden als an der anderen. Die an der entfernteren Seite werden, da sie eine größere beleuchtete Fläche darbieten, das Licht unter einem kleineren Winkel reflectiren, und deshalb einen kleineren Antheil desselben polarisiren. Die an der der Erde zugewandten Seite werden weniger Licht zu der Erde senden, aber einen größeren Theil desselben polarisiren. Die Unterschiede werden so nahe complementär zu einander seyn, daß wir ihren vereinten Effect als äquivalent demjenigen betrachten können, der von einem, an dem zuvor genannten Durchschnittspunkt befindlichen Körper ausginge. Aus diesem Grunde wurden die geprüften Gegenstände so aufgestellt, daß die Winkel des Einfalls und der Reflexion 45° waren.

Einige der untersuchten Substanzen und der mit ihnen erhaltenen Procentgehalte waren folgende.

Porphyr, glatt geschliffen, aber nicht polirt, 35 Proc. Eine andere Fläche dicht bekleidet mit niedergeschlagenem Staub (*dust*) 15,5 Proc. Dunkelblauer Schiefer 25,7. Syenit grob krystallinisch und rauh 16,4. Gneiß, etwas feinkörnig 8,3. Granit, feinkörnig 11,8. Rother Jaspis, rauhe gebrochene Fläche 23,5. Sandstein 12,1. Ziegel rohes Fragment 8,1. Ziegel, glatte Fläche 11,3. Rothe Wedgewood-Waare, unglasurt 14,2. Verhärteter Thon, hellbraun 11,0, Mörtel weißgewaschene Fläche 12,1. Ein Stück des großen Meteoriten von Pultusk, welches ich der Güte des Hrn. Prof. Mach verdanke, gab auf einer Bruchfläche 11,7, von der geschwärzten Oberfläche 36 Proc. an polarisirtem Licht. Er gehört zur Klasse der Steine und ist von hell brännlich grauer Farbe.

Die Resultate zeigen, daß das von Flächen dieser Art reflectirte Licht im Allgemeinen nur einen geringen Grad von Polarisation besitzt, der im Durchschnitt sehr verschieden ist von dem des Zodiakallichts. Obgleich aus Versuchen, wie die obigen, keine sicheren Schlüsse gezogen werden können, so sind sie doch nicht unvereinbar mit der Annahme, in Bezug auf welche sie angestellt wurden, scheinen sie sogar zu bestätigen. Die Resultate dieser Untersuchung lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

- 1) Das Zodiakallicht ist in einer durch die Sonne gehenden Ebene polarisirt.
- 2) Der Betrag der Polarisation ist sehr wahrscheinlich 15 Proc., schwerlich 20 Proc.
- 3) Das Spectrum des Lichts ist, abgesehen von Intensität, nicht wahrnehmbar verschieden von dem des Sonnenlichts.
- 4) Das Licht stammt aus der Sonne und ist von starrer Substanz reflectirt.
- 5) Die starre Substanz besteht aus kleinen Körpern (Meteoriten), die die Sonne in Bahnen umkreisen, welche gegen die Ekliptik zusammengedrängt sind.

Der
über
Diffus
zwischen
mir ei
rückg
fusion
zwar
Da
in ein
chen
gesetz
Maxim
Verlat
sich a
einer
Rohre
Arbei
rend
8 Mill
Da
achtung
des V
keitsz
zu ke
keit,
stand
mir v
Da
mosp
1) D
2) B
vi

VIII. Ueber die Diffusion zwischen trockner und feuchter Luft; von E. Reusch.

Der Bericht im „Naturforscher VII, No. 26, S. 242“, über die Versuche des Hrn. L. Dufour, betreffend den Diffusionsstrom, welcher durch eine poröse Scheidewand zwischen trockener und feuchter Luft eingeleitet wird, hat mir eine hiehergehörige Beobachtung ins Gedächtniß zurückgerufen, die ich vor mehreren Jahren an einem Diffusionsrohr mit Hydrophanplatte gemacht, unterdessen zwar Vielen mitgetheilt aber nicht veröffentlicht habe.

Das Rohr wurde durch Einleiten von Wasserstoffgas in einem bis zur Hydrophanplatte reichenden Glasröhrchen mit Gas gefüllt und nachher rasch ins Sperrwasser gesetzt ¹⁾. Das Wasser erhob sich im Rohre bis zu einem Maximum und sank dann nach beendigter Gasdiffusion im Verlauf längerer Zeit wieder zurück. Das Sinken setzte sich aber noch unter das Niveau des Sperrwassers bis zu einer gewissen Gränze fort, so daß die Depression im Rohre in der trockenen Atmosphäre meines wohlgeheizten Arbeitszimmers 35 Mllm. und mehr betragen konnte, während sie im ungeheizten und feuchten Hörsaal nur etwa 8 Mllm. betrug ²⁾.

Der Versuch, aus einer größeren Anzahl von Beobachtungen den Zusammenhang zwischen der Depression des Wassers im Rohre und dem Wärme- und Feuchtigkeitszustand der umgebenden Luft zu bestimmen, führte zu keinem Resultat, wahrscheinlich wegen der Langsamkeit, mit welcher der Apparat den Aenderungen im Zustand der Atmosphäre folgte. Dieser Umstand verleidete mir weitere Beobachtungen.

Die für einen gegebenen anhaltenden Zustand der Atmosphäre constante Depression des Wassers im Rohre

1) Diese Ann. Bd. 124, S. 434.

2) Bei einem Diffusionsrohr mit Gypspropf sind die Depressionen sehr viel kleiner, aber immerhin merklich.

erklärt sich nun in befriedigender Weise damit, daß der schwächere Diffusionsstrom der mit Wasserdampf gesättigten inneren Luft nur mit Hülfe eines Ueberdrucks den Gegenstrom der relativ trockneren Luft zu compensiren vermag. Es kommt aber noch ein Umstand in Betracht, der die Erscheinung weiter complicirt. Die äußere trockenere Luft communicirt mit der inneren feuchteren auch durch das Sperrwasser und man wird annehmen dürfen, daß die Luft auch durch das Wasser von Außen nach Innen diffundire. Die Stärke dieses Stroms wird unter Anderem wohl auch von der durchmessenen Wasserstrecke, welche sich in Folge der Verdunstung ändert, abhängen und somit die Depression eine sehr complicirte Function des augenblicklichen Zustands der umgebenden Atmosphäre und sonstiger Umstände seyn. Außerdem schien es mir, als ob das Diffusionsvermögen einer Hydrophanplatte, welche lange Zeit in einer durch Taback- und sonstige Dämpfe verunreinigten Atmosphäre verweilt hatte, eine allmähliche Aenderung erfahren hätte.

Den anfänglich gehegten Gedanken, auf das Diffusionsrohr mit Hydrophanplatte ein Hygrometer zu gründen, mußte ich daher fallen lassen; dagegen steht zu hoffen, daß es Hrn. L. Dufour gelingen werde, durch geschicktere Verwendung der von ihm ins Licht gestellten Principien ein solches Instrument zu verwirklichen.

Tübingen, 7. Juli 1874.

In m
schen
stalle
gung
die C
war,
als d
lese
Satze
Sen
halb
Abw
jenig
Z. 8
sogar
es n
unw
stitut
Moti
gebl
weis

In
zu
wir,

**IX. Berichtigung in Betreff einer Notiz
über Isothermen in Krystallen;
von Dr. W. C. Röntgen.**

In meiner Notiz „über eine Variation der Senarmont'schen Methode zur Bestimmung der Isothermen in Krystallen“ in Heft 4 1874 dieser Annalen blieb die Berichtigung einiger Stellen des Manuscriptes unberücksichtigt, weil die Correctur, in welcher diese Berichtigung vorgenommen war, durch eine unliebsame Verspätung in Berlin eintraf, als das betreffende Heft schon fertig gedruckt war. Man lese auf Seite 606, Z. 17 v. o. bis Z. 19 v. o. statt des Satzes; „dafs innerhalb meiner Versuchsgränzen Senarmont'schen Methode“ das Folgende: „dafs innerhalb meiner Versuchsgränzen der besprochene Einfluß zu Abweichungen Anlaß giebt, die viel kleiner sind als diejenigen der Senarmont'schen Methode“; und schliesslich Z. 8 v. u. bis Z. 1 v. u. statt des Satzes: „ich möchte sogar widerlegt werden“ das Folgende: „Ich halte es nach einigen gemachten Erfahrungen durchaus nicht für unwahrscheinlich, dafs solche Aenderungen durch die Constitution der Krystalle bedingt seyen, muß aber die nähere Motivirung dieser Ansicht unterlassen, weil ich mich vergeblich bemühte einen solchen Einfluß evident nachzuweisen.

X. Messung der Lichtgeschwindigkeit.

In den *Compt. rend.* T. 78, p. 1115 schlägt Hr. Burgue zu dieser Messung folgendes Verfahren vor. Betrachten wir, sagt er, eine Scheibe *D*, die sich sehr rasch um eine

Axe drehe und bei jedem Umlauf durch ein intermittirendes, instantanes Licht beleuchtet werde. Ein kleiner schwarzer Strich a auf dieser Scheibe wird, wie die Scheibe selbst, unbeweglich erscheinen. Entfernen wir die intermittirende Lichtquelle, so wird die Zeit, welche das Licht gebraucht, um den Strich a zu beleuchten, größer; er wird sich also verschieben, nach a' kommen, mit seiner ersten Lage einen gewissen Winkel aOa' bildend. Dieser Winkel wird die Zeit messen, welche das Licht zum Beleuchten der Scheibe gebraucht. Wenn wir also die Entfernung der Lichtquelle kennen und den Winkel aOa' messen, werden wir alle zur Bestimmung der Lichtgeschwindigkeit nöthigen Elemente haben.

XI. *Diffractionsgitter für Spectroskope.*

Im *American Journ. of Science Vol. V, p. 472* bestätigt Hr. Prof. Young, daß der Künstler Chapman in America Diffractionsgitter von 6480 Linien auf den (engl.) Zoll verfertigt, die, verbunden mit dem Collimator und Fernrohr eines gewöhnlichen Spectroskop ein Spectrum erster Ordnung liefern, in welchem die D -Linien doppelt so weit aus einander stehen als in einem Flintglasprisma von 60° . In der Nähe von C ist die Dispersion nahe dieselbe wie die von vier Prismen. Nach einigen an der Sonne gemachten Beobachtungen schließt Prof. Y., daß solche Gitter die Prismen vollkommen ersetzen (ja sogar Vorzüge vor ihnen haben — kann man hinzusetzen —, da sie Einfluß der Dispersion entfernen, durch den alle prismatischen Spectren immer nur einen individuellen Werth besitzen P.)